BIBLIOTECA SCIENTIFICA INTERNAZIONALE

VOL. I.°

Digitized by Google

Biblioteca Scientifica Internazionale

DI PROSSIMA PUBBLICAZIONE

Balfour-Stewart. L'Energia — sue forme — sue leggi — sua conservazione con appendici di Lecomte, Bain e St. Robert, con incisioni	1 Vol.
Maudsley. Della responsabilità morale nelle malattie mentali, con prefazione del traduttore Prof. Arrigo Tamassia	1 »
Bernstein. I cinque sensi dell'uomo, con 100 incisioni . .	1 »
Draper. Conflitti tra la scienza e la religione	1 »
Schützenberger. Le fermentazioni, con molte incisioni . .	1 »
Cooke. La nuova chimica, con incisioni.	1 »
Jewons. Il denaro ed il mecanismo dello scambio	1 »
Vogel. Effetti chimici della luce e la fotografia, e la loro applicazione alle arti, alla scienza e all'industria, con 100 incisioni.	1 »
Bagehot. Leggi scientifiche della costituzione delle nazioni	1 »
Tyndall. Nuvole, fiumi, ghiaccio, e ghiacciaie, con molte incisioni	1 »
Amos. La scienza della legge	1 »
Withney. Della linguistica moderna	1 »
Dumont. La scienza della sensibilità [Piacere e dolore] . .	1 »
Schmid. L'origine degli esseri e il Darwinismo, con incisioni	1 »
Fuchs. Vulcani e Terremoti, con incisioni e carte	1 »
Spencer. La Sociologia	1 »

Fra le opere originali vedranno la luce quanto prima lavori di Messedaglia, Cantoni G. e Lombroso C.

Digitized by Google

LA

TEORIA DEL SUONO

NEI SUOI RAPPORTI

COLLA MUSICA

DIECI CONFERENZE

DEL PROF. PIETRO BLASERNA

DELLA R. UNIVERSITÀ ROMANA.

MILANO

FRATELLI DUMOLARD

1875.

Digitized by Google

Proprietà letteraria.

MILANO, COI TIPI DI A. LOMBARDI

Digitized by Google

ML3805
B599
MUSIC
LIBRARY

INDICE

I.ª Conferenza. — 1. Movimenti periodici, vibrazioni. — 2. Vibrazioni sonore. — 3. Vibrazioni di una campana. — 4. Vibrazioni dei coristi, metodo grafico. — 5. Vibrazioni delle corde, — 6. delle lamine o membrane. — 7. Vibrazioni dell'aria nelle canne sonore. — 8. Metodo delle fiamme manometriche. — Conclusione . . . . . *Pag.* 1

II.ª Conferenza. — 1. Trasmissione del suono. — 2. Propagazione nell'aria, — 3. nell'acqua ed in altri corpi. — 4. Velocità del suono nell'aria, — 5. nell'acqua ed in altri corpi. — 6. Riflessione del suono. — 7. Eco . . . . . » 25

III.ª Conferenza. — 1. Caratteri del suono e differenza tra suono e rumore. — 2. Intensità del suono e varie cause da cui dipende. — 3. Principio della concomitanza dei suoni. — 4. Casse armoniche e risuonatori . . . . . » 41

IV.ª Conferenza. — 1. Misura del numero delle vibrazioni, metodo grafico. — 2. Sirena di Cagniard de la Tour. — 3. Altezza dei suoni; limiti dei suoni sensibili, dei suoni musicali e della voce umana. — 4. Corista normale. — 5. Legge delle vibrazioni delle corde e dei suoni armonici » 53

V.ª Conferenza. — 1. Suoni musicali. — 2. Legge dei rapporti semplici. — 3. Unisono, interferenze. — 4. Battimenti. — 5. Loro spiegazione. — 6. Suoni di combinazione. — 7. Ottava ed altri suoni armonici. — 8. Accordi consonanti e loro limite. — 9. Quinta, quarta, sesta e terza maggiore, terza e sesta minore. — 10. Il settimo armonico . . . . » 67

541

Digitized by Google

VI.ª Conferenza. — 1. Doppia sirena di Helmholtz. — 2. Legge dei rapporti semplici applicata a tre e più suoni. — 3. Accordo perfetto maggiore e minore, loro carattere. — 4. Rovesciamento degli accordi . . . . . *Pag.* 88

VII.ª ed VIII.ª Conferenza. — 1. Accordi dissonanti. — 2. e 3. Carattere della musica e delle scale musicali. — 4. Musica antica. — 5. Scale greche. — 6. Scala pitagorica, — 7. sua decadenza. — 8. Canto ambrosiano e gregoriano. — 9. Musica polifonica, armonia; la riforma protestante; Palestrina. — 10. Trasformazione delle scale musicali, la tonica e l'accordo fondamentale. — 11. Scala maggiore; intervalli musicali. — 12. Scala minore. — 13. Intonazione e passaggi. — 14. e 15. Diesis e bemolle. — 16. Scala temperata, sue inesattezze. — 17. Utilità di abbandonarla . . . . . » 100

IX.ª Conferenza. — 1. Timbro dei suoni musicali. — 2. Forma delle vibrazioni, metodo ottico. — 3. Altro metodo ottico. — 4. Metodo del fonautografo. — 5. Legge dei suoni armonici. — 6. Timbro delle corde e degli istrumenti. — 7. Legge generale sugli accordi. — 8. Rumori che accompagnano i suoni. — 9. Timbro delle vocali . . . . » 135

X.ª Conferenza. — 1. Differenza tra scienza ed arte. — 2. Musica italiana e tedesca. — 3. 4. Distacco delle due scuole. — 5. Influenza di Parigi. — 6. Conclusione. . . . . » 162

Digitized by Google

Le dieci conferenze, che seguono, non hanno nè la pretesa, nè lo scopo di dare la descrizione o la dimostrazione completa dei fenomeni del suono e della storia e delle leggi musicali. Chi desidera approfondire tale materia, sia dal lato scientifico, sia dal lato artistico, deve ricorrere alle opere ed a studi speciali.

Seguendo l'esempio dato da Helmholtz *nell'oramai classico suo libro:* « Die Lehre von den Tonempfindungen, » *ho cercato di riunir insieme, in forma semplice e piana, due materie che finora erano state trattate separatamente. Lo studioso di cose fisiche non andava molto in là nello studio degli argomenti musicali, ed i nostri artisti non conoscono abbastanza la grande importanza, che le leggi del suono hanno in molte questioni di musica.*

La scienza ha fatto in questo riguardo progressi notevolissimi negli ultimi tempi. Essa è arrivata a considerare sotto unico punto di vista la storia dello sviluppo della musica, ed è in grado di fornire alla critica musicale una base più larga e più sicura.

Esporre brevemente i principj fondamentali di tale scienza e mostrare le sue più importanti applicazioni, è stato lo scopo di queste conferenze. Così spero, che saranno accolte con qualche interesse da chi ama lo studio e da chi ama l'arte.

PIETRO BLASERNA.

Aprile 1875.

Digitized by Google

Digitized by Google

I.ª CONFERENZA.

1. Movimenti periodici, vibrazioni. — 2. Vibrazioni sonore. — 3. Vibrazioni di una campana. — 4. Vibrazioni dei coristi, metodo grafico. — 5. Vibrazioni delle corde, — 6. delle lamine e membrane. — 7. Vibrazioni dell'aria nelle canne sonore. — 8. Metodo delle fiamme manometriche. — 9. Conclusione.

1. Fra gli innumerevoli movimenti che esistono nella natura, la fisica si occupa con molta attenzione di alcuni, ai quali assegna una grande importanza. Sono quei movimenti, in cui un corpo, o parte di un corpo, arriva ad un punto estremo, vi si ferma un'istante, ritorna sui propri passi, riprende di nuovo la via già percorsa e continua così, facendo movimenti regolari di va e viene, con un periodo determinato.

Il pendolo ci offre l'esempio più semplice di tale movimento periodico. Le sue leggi sono state determinate da *Galileo*, il quale ha scoperto che il movimento è isocrono, vale a dire, che il periodo in cui il movimento di va e viene si eseguisce, è per il medesimo pendolo sempre lo stesso, siano le oscillazioni del pendolo ampie oppur no.

In altri termini, se diamo ad un pendolo in riposo un piccolo urto, o un urto forte, le oscillazioni faranno escursioni piccole o grandi; ma per il medesimo pendolo la durata delle oscillazioni sarà sempre la stessa. Il che si

Digitized by Google

esprime così, che la durata delle oscillazioni è indipendente dalla loro ampiezza.

La legge dell'isocronismo del pendolo è una legge molto generale nella natura. Quantunque non sia matematicamente esatta, pure essa è più che sufficiente per la più gran parte de' casi che qui contempleremo. Ogni movimento periodico di va e viene, paragonabile a quello del pendolo, chiamasi oscillazione, e se è più piccolo e più rapido, anche vibrazione. E per maggiore chiarezza chiameremo *vibrazione semplice* quella che segue esattamente le leggi del pendolo; le quali, sia detto fra parentesi, sono le più semplici di tutte. All'incontro chiameremo *vibrazioni composte* quelle, che seguono leggi più complicate.

Un esempio chiarirà come le vibrazioni possano essere più complicate. Il movimento del pendolo può riassumersi così: arrivato all'estremità della sua corsa, esso si ferma per un istante, ritorna indietro con velocità sempre crescente, la quale diviene massima nella posizione verticale, e diminuisce poi nella seconda metà della corsa. Nel pendolo dunque i due punti estremi della oscillazione corrispondono alla velocità zero, il punto di mezzo alla velocità massima.

Un esempio di movimento periodico composto si ha, aggiungendo all'oscillazione del pendolo già esistente ancora qualche altro movimento oscillatorio. Supponiamo, per esempio, che l'asta del pendolo sia flessibile ed elastica ed oscilli per proprio conto, supponiamo di più che la parte bassa e pesante del pendolo sia una palla elastica, la quale, essendo stata urtata violentemente, vibri come una palla sul bigliardo, cioè mostrandosi successivamente schiacciata ed allungata: avremo allora nel pendolo tre movimenti

Digitized by Google

vibratorii riuniti, i quali daranno un movimento *composto* evidentemente più complicato di prima.

Un altro esempio di un movimento composto ce lo porge il giuocatore di pallone, il quale caccia il pallone verticalmente in aria e poi ve lo ricaccia senza lasciarlo cadere a terra. Qui il movimento è diverso da quello del pendolo. Il pallone va in alto con velocità decrescente, press'a poco come nel pendolo, (ma la velocità diminuisce con legge diversa), arriva a fermarsi, poi ricade con velocità sempre crescente, e viene bruscamente fermato e ricacciato in alto dalla forza muscolare del giuocatore, mentre la sua velocità era assai grande e cresceva sempre secondo le leggi della caduta dei gravi. In questo caso dunque, diverso da quello del pendolo, i due punti estremi della corsa corrispondono, l'uno alla velocità zero, l'altro ad una velocità assai grande, ed anzi alla più grande possibile.

Esistono in natura moltissime vibrazioni e di forma svariata, e l'averle studiate con cura e l'averne compresa tutta l'importanza, costituisce uno de' passi più fecondi, che la fisica abbia fatto in questo secolo. Fra tutti questi movimenti vibratorii io voglio intrattenervi di un gruppo di essi, il quale merita una speciale attenzione per la grande facilità, che esso offre allo studio e per la grande importanza, che le sue applicazioni hanno avuto nella storia della cultura umana.

2. Io voglio anzi tutto dimostrarvi, che il suono è formato da vibrazioni delle particelle dei corpi. Per comprendere tali vibrazioni, non abbiamo bisogno di conoscere per ciò l'intima struttura dei corpi medesimi; ci basta sapere che il corpo può suddividersi in piccole particelle, e che queste particelle si possono allontanare le une

Digitized by Google

dalle altre almeno entro certi limiti, senza che per ciò si operi la rottura o il disgregamento del corpo.

Questo è il risultato delle osservazioni di tutti i giorni, e per lo studio, che imprendo con voi, non abbiamo punto bisogno di andare più in là e di formulare un'opinione più o meno ipotetica sulla intima struttura dei corpi medesimi.

Dobbiamo però aggiungere a questo concetto ancora un'altro, cioè quello dell'elasticità dei corpi. Chiamasi elastico un corpo, in cui le particelle, smosse dalla posizione del loro equilibrio naturale, hanno la tendenza di ritornare nella loro prima posizione, tosto che cessi la causa esterna che le aveva allontanate.

Quando una particella si trova nel caso qui contemplato, essa fa ciò che fa il pendolo. Appena rimasta libera de'suoi movimenti, essa ritorna nella posizione che prima avea; al principio con piccola velocità, poi con velocità sempre crescente. Arrivata alla posizione del naturale suo equilibrio, per la propria inerzia essa continua per un certo tratto il movimento già acquistato e finalmente si ferma per ritornare sui propri passi. Essa oscilla quindi intorno alla posizione del suo equilibrio naturale, precisamente come il pendolo oscilla al di qua e al di là della sua posizione verticale. Il calcolo dimostra in tale caso, che la vibrazione è semplice come quella del pendolo.

Ma nello studio delle vibrazioni, a cui può andar soggetto un corpo, o parte di un corpo, non basta contemplare il movimento di una singola particella. Il corpo è formato da moltissime particelle, ciascuna delle quali vibrando, importa sapere se esse s'influenzino a vicenda nei loro movimenti. In questo riguardo tutti i casi sono possibili, a seconda delle condizioni speciali, in cui le vibrazioni av-

Digitized by Google

vengono e della causa che le provoca. Avviene spesso, che le singole particelle vibrino ciascuna per conto suo, come se le altre non esistessero. Queste vibrazioni, che si fanno quindi con disordine in tutte le direzioni possibili, acquistano una grande importanza per i fenomeni del calore e per altri ancora; ma non hanno una azione diretta sul suono. Affinchè le vibrazioni siano *sonore,* bisogna che le particelle eseguiscano i loro movimenti con una certa regola d' insieme.

Le vibrazioni acquistano allora un carattere generale e regolare. Esse si possono paragonare alla manovra serrata di una compagnia di soldati, mentre le vibrazioni calorifiche rassomigliano a movimenti affatto irregolari di una folla disordinata.

3. Voglio innanzi tutto dimostrarvi con un certo numero di esempii, che il suono è sempre accompagnato da vibrazioni del corpo sonoro. Prendo una campana metallica, rovesciata, attaccata solidamente ad un piede A [fig. 1].

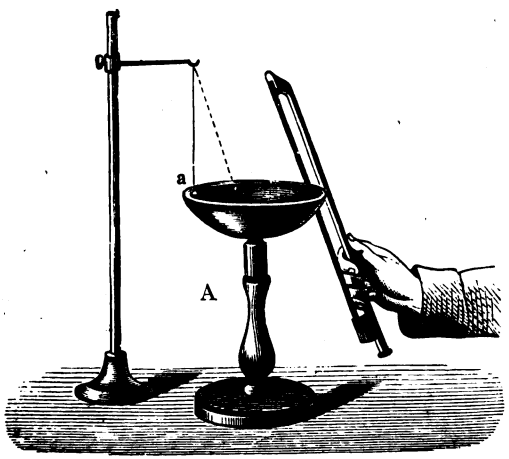


Fig. 1.

Digitized by Google

Un pendolino piuttosto leggero *a* tocca la campana per indicare i movimenti che essa può fare in un dato momento. Se sfrego questa campana con un'archetto, ottengo un suono molto marcato ed immediatamente il pendolino è lanciato via, ricade sulla campana, è lanciato via di nuovo e così di seguito. Il movimento del pendolo dura per un certo tempo; esso viene meno, man mano che si affievolisce il suono, ed indica che la campana nelle varie sue parti, mentre suona, si trova in istato di vibrazione.

4. Scelgo ora un'altro esempio. Una specie di forchetta d'acciajo D che tengo in mano pel suo piede, può essere facilmente messa in vibrazione [fig. 2]. Una forchetta di

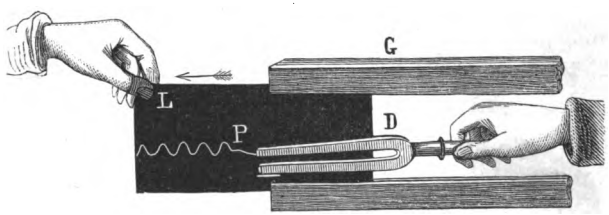


Fig. 2.

questo genere chiamasi un *corista*. Ho attaccato ad una delle sue estremità una punta P. Se batto il corista sulla tavola, oppure se lo sfrego con un archetto all'estremità delle sue branche, ottengo un suono molto debole, che a stento si sente. Questo suono si rinforza notevolmente, se metto il piede del corista in contatto col tavolino, o meglio ancora con una cassa vuota. Il suono può allora esser sentito da tutti, ed io mi servo di questo mezzo soltanto per dimostrarvi, che il suono realmente esiste.

Ciò posto, è facile persuadersi che le due branche del corista, quando questo suona, si trovano in continuo mo-

Digitized by Google

vimento vibratorio. Il movimento è molto rapido e l'occhio non può seguirlo, ma gli orli delle branche e la punta attaccata non hanno più una forma netta e precisa, il che indica appunto il movimento del corista.

Si avverte molto bene tale movimento vibratorio, avvicinando il dito al corista medesimo. Se tocco le due branche, il movimento cessa e con esso il suono. Suono e movimento sono talmente collegati insieme, che è forte l'uno quando è forte l'altro, che diminuisce l'uno quando diminuisce l'altro, e che cessa l'uno quando cessa l'altro.

Ma le vibrazioni del corista si possono rendere visibili a tutti col seguente metodo grafico.

Prendo [fig. 2] una lastra di vetro L, annerita col nero fumo di una fiamma a petrolio, e che scorre facilmente nel telajo G; applico ad essa la punta del corista vibrante, e ritiro rapidamente la lastra in modo che la punta vi scorra successivamente.

Per rendere l'esperienza anche più sicura e più elegante, prendo un cilindro di ottone, sul quale è steso un foglio di carta annerita col nero fumo di una fiamma a petrolio. Il cilindro può essere girato col mezzo di una manovella a spirale A, mossa dalla mia mano, o anche da altro meccanismo [fig. 3]. Avvicino al cilindro il corista in modo che la punta D sfiori leggiermente la carta, e ve lo attacco solidamente col mezzo di una morsa. Se il corista sta fermo ed il cilindro gira, la punta mi traccia sulla carta una linea retta, o stante il movimento del cilindro a spirale, una spirale poco diversa da linee rette.

Se invece il cilindro sta fermo e il corista vibra, la sua punta mi traccia sulla carta una corta linea perpendicolare alla prima. Se, infine, il corista vibra e il cilindro

Digitized by Google

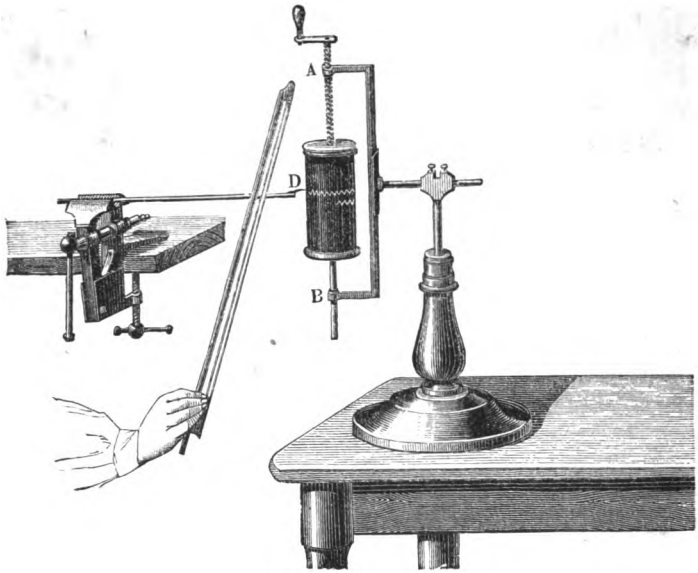


Fig. 3.

gira, ottengo sulla carta una linea ondeggiante, molto regolare e molto caratteristica, che rappresenta assai bene il movimento vibratorio del corista. Quando il corista dà un suono forte, le vibrazioni tracciate sulla carta sono molto ampie; più tardi, quando il suono è già affievolito, le vibrazioni diminuiscono in ampiezza. Esse diventano finalmente quasi invisibili e si confondono sensibilmente colla linea retta, quando il suono è lì per cessare.

5. Anche le vibrazioni di una corda si possono dimostrare in modo molto facile. Ho qui una corda metallica tesa sopra una cassa di legno [fig. 4]. Due sostegni A e B, sui quali la corda riposa, dànno a questa la lunghezza esatta di un metro, e una scala postavi sotto permette di

Digitized by Google

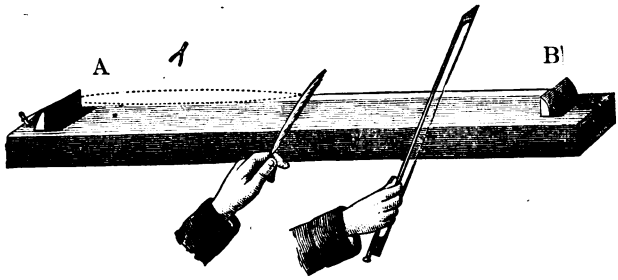


Fig. 4.

determinare a volontà la lunghezza di una porzione di essa. La corda è fissata e mantenuta tesa col mezzo di piuoli, precisamente come nel pianoforte. Questo istrumento, che era già conosciuto dagli antichi greci, si chiama un *sonometro*, ed ha una grande importanza tanto nella storia della musica, quanto per lo studio dei fenomeni che qui ci interessano. Se sfrego la corda col mezzo d'un archetto, essa mi dà un suono, l'altezza del quale dipende da molte circostanze, come per esempio dalla lunghezza, dalla grossezza, dalla densità della corda, e dalla tensione della medesima.

Se sfrego la corda leggermente, il suono è debole; se la sfrego invece con una certa energia, il suono è forte, e generalmente parlando la forza, ossia l'*intensità* del suono, dipende dall'energia maggiore o minore con cui produco il suono medesimo.

Le vibrazioni di questa corda si possono dimostrare nel modo seguente. Già l'osservazione semplice mi dimostra, che la corda sfregata si trova in uno stato di rapida vibrazione. Alle due estremità che riposano sopra i due cavalletti, la corda pare ferma; però man mano che passo a

Digitized by Google

osservare la parte mediana, trovo che la corda perde i suoi contorni netti. Essa pare notevolmente ingrossata, e tale ingrossamento arriva al suo valore massimo proprio a metà della corda. Questo proviene da ciò che ciascuna particella della corda compie rapide vibrazioni, movendosi in sù e in giù in senso perpendicolare alla lunghezza della corda. Vibrazioni di tal fatta si chiamano *trasversali* per distinguerle dalle *longitudinali*, in cui ogni particella vibra nella direzione della corda medesima.

Nella musica pratica non si fa uso delle vibrazioni longitudinali delle corde, per cui non voglio occuparmi d'altro che delle trasversali. Onde dimostrarne meglio l'esistenza, colloco sulla corda delle piccole striscioline di carta, piegate in mezzo a guisa di cavalierini. Quando la corda vibra, questi cavalierini sono lanciati in alto per la loro leggerezza, cadono giù dalla corda ed indicano così dove la corda si trovi in istato di vibrazione e dove in istato di riposo.

Il modo più semplice di vibrare è quello, in cui tutta la corda compie simultaneamente una unica vibrazione. Io ottengo facilmente questo effetto, lasciando la corda interamente libera e sfregandola coll'archetto vicino ad una delle due estremità. Osservate che i cavalierini sono tutti gettati giù, prima quelli più in mezzo ove il movimento è più forte, poi successivamente anche gli altri. Il che dimostra, che ad eccezione dei due punti fissi della corda non vi è alcun altro punto che non vibri, ossia in altri termini, che tutta la corda vibra in unica vibrazione. Il suono, che così si ottiene dalla corda, è il suono più basso che le corrisponda, ed è per ciò che lo vogliamo chiamare il suono *fondamentale* della medesima.

Digitized by Google

Ma questo non è il solo suono, che io possa ottenere dalla corda. Se la tocco nella sua metà leggermente col dito o meglio con una penna [fig. 4], ottengo un suono notevolmente più alto, suono che l'orecchio musicale distingue facilmente e che la musica' pratica chiama l'*ottava* del suono fondamentale. La corda in questo caso vibra in due porzioni, in modo che il punto da me toccato rimane sempre fermo.

Questo punto fermo si chiama un *nodo* della corda vibrante, e tale nodo l'ho provocato artificialmente toccando la corda nel punto indicato. Difatti se colloco i cavalierini sulla corda, osservo in questo caso che il cavalierino vicino al mio dito non si muove, mentre tutti gli altri sono lanciati via. Il cavalierino rimasto fermo m'indica così la presenza del nodo.

Posso ottenere successivamente dalla corda suoni più e più elevati toccandola ad un terzo, oppure ad un quarto, ad un quinto ecc. della sua lunghezza. L'esperienza fatta col mezzo dei cavalierini mi dimostra, che in ogni caso di questo genere la corda si suddivide in un certo numero di parti sempre uguali, nel primo caso in tre, nel secondo in quattro, nel terzo in cinque ecc.; ed i cavalierini che rimangono sulla corda m' indicano i nodi equidistanti che si formano nella corda stessa.

Così, per esempio, quando tocco la corda ad un quinto della sua lunghezza, essa si divide in cinque parti uguali, e si formano quattro nodi alle distanze di $\frac{1}{5}$, $\frac{2}{5}$, $\frac{3}{5}$, $\frac{4}{5}$ della corda, mentre nei punti intermedii trovasi il massimo movimento vibratorio [fig. 4 bis]. Questi punti del massimo movimento chiamansi *ventri*.

Digitized by Google

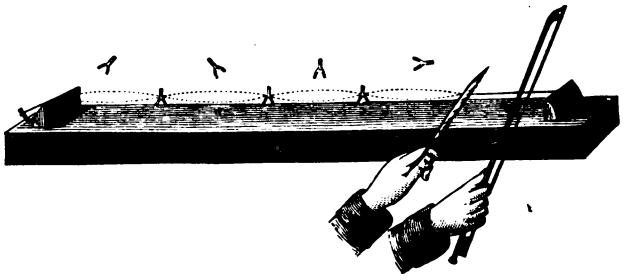


Fig. 4 *bis*.

La fig. 5 rappresenta, in dimensioni alquanto esagerate, i vari modi di vibrare che una corda assume nei diversi

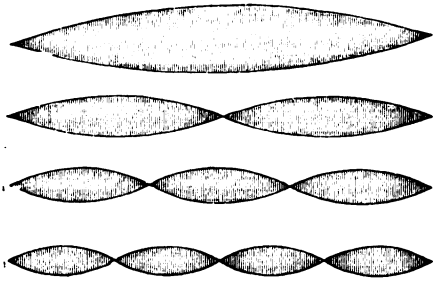


Fig. 5.

casi, quando cioè essa vibra per intero, o è divisa in 2, in 3, in 4 ecc. parti. Nel primo caso non si forma alcun nodo, negli altri abbiamo 1, 2, 3 ecc. nodi. Bisogna osservare che questi vari casi corrispondono a suoni diversi e successivamente più alti della medesima corda.

6. Un altro esempio interessante di vibrazioni ce lo porgono le lamine e le membrane. Il caso è alquanto più complicato di quello delle corde, ma la spiegazione è pressocchè la medesima. Difatti una lamina può essere consi-

Digitized by Google

derata come una riunione di corde rigide attaccate insieme. Come nelle corde abbiamo ottenuto dei punti *nodali*, dobbiamo quindi avere nelle lamine delle linee nodali, come riunione dei vari punti nodali.

È stato *Chladni* quello che ha scoperto queste linee nodali ed ha indicato un mezzo molto semplice per dimostrarle; per cui esse si chiamano anche *figure di Chladni*. La fig. 6 mostra alcune lamine come generalmente si

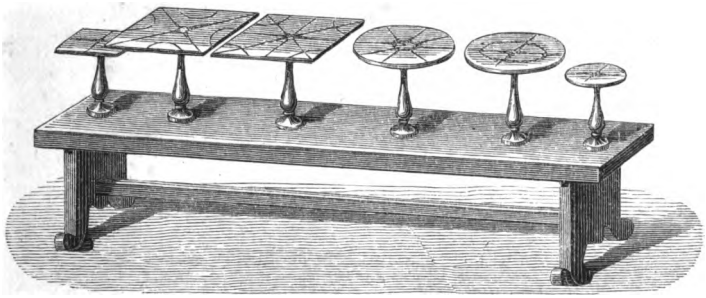


Fig. 6.

usano, attaccate nel mezzo ad un piede solido, che riposa sopra un banco comune. Versando sulle lamine un po' di arena e sfregandole con un'archetto, si ottengono dei suoni non belli perchè troppo striduli, ma sempre netti, e appena il suono è provocato, voi vedete l'arena saltellare e raccogliersi sopra certe linee rette o curve, le quali indicano i punti ove il movimento vibratorio non esiste: sono le linee nodali di Chladni.

Colla medesima lamina posso ottenere figure molto svariate, applicando in punti convenienti il dito, per provocar così un punto e quindi una linea nodale. La tavola della

Digitized by Google

fig. 7 contiene una bellissima serie di figure, che si possono ottenere con una lamina quadrata di sufficiente grandezza,

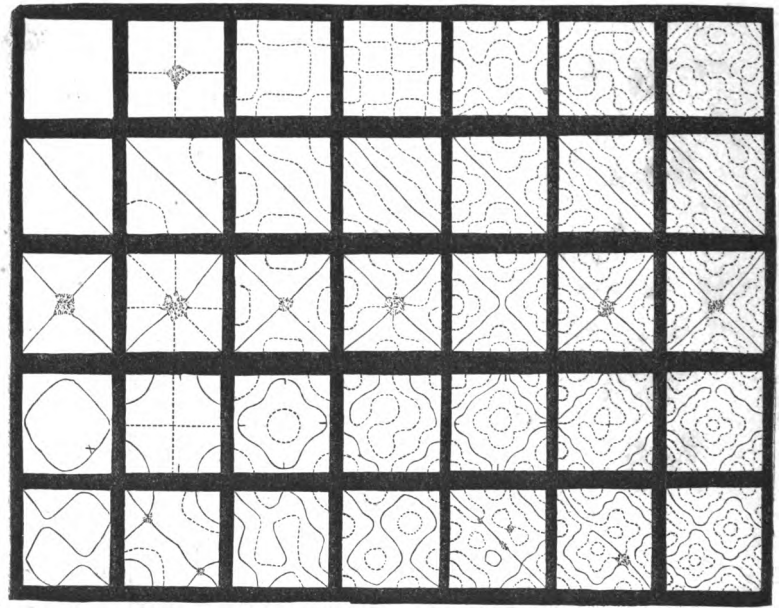


Fig. 7.

secondo *Savart*. Il numero delle figure stesse è assai grande, e quelle qui disegnate non rappresentano che una piccola parte di quelle che si possono ottenere, specialmente quando la lamina è grande.

Anche le membrane vibrano in modo analogo. Le loro forme sono generalmente anche più complicate di quelle delle lamine e si spiegano in un modo del tutto analogo a questo. La regola è questa, che ad un suono determinato corrisponde per la medesima membrana o lamina

Digitized by Google

sempre una figura determinata, e che la figura è tanto più complicata quanto più elevato è il suono prodotto.

Ma un rapporto tra queste quantità, ossia una legge che faccia conoscere la relazione tra la figura ottenuta ed il suono corrispondente, non è stata finora trovata.

7. Abbiamo finora studiato soltanto il caso di vibrazioni di corpi solidi. Ma anche i corpi liquidi ed i gassosi possono, vibrando, produrre dei suoni. Il caso più conosciuto è quello delle canne sonore, di cui la musica pratica si serve molto e sotto forme svariatissime. Esse si dividono in due grandi categorie: in canne a *bocca* e canne a *pivetta*. In ambedue il suono si forma, sia col rompere l'aria che si soffia dentro, sia col farla entrare a sbuffi. Nelle prime e più importanti, cioè nelle canne a bocca, si ottiene quell'effetto col mezzo di una disposizione speciale, che è appunto la bocca della canna.

La fig. 8 rappresenta la forma più comune di una canna a bocca. Soffiando nel tubo aperto *a*, sia col mezzo della bocca, sia collocando la canna sopra un mantice, si ottiene un suono. La canna è vuota nell'interno, è coperta o scoperta in alto, a seconda dei casi, ed ha in *m* ed *l* la sua *bocca*. La fig. 9 mostra meglio, in sezio-

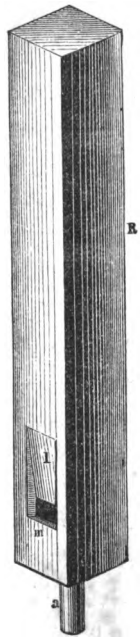


Fig. 8.

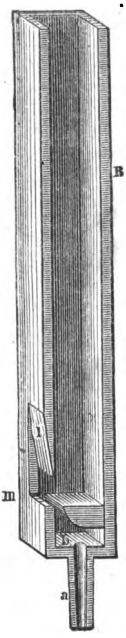


Fig. 9.

Digitized by Google

ne, la disposizione di tale bocca, la quale consta di un labbro inferiore *m* e di un labbro superiore *l*, che termina a taglio. L'aria entra nel tubo *a*, passa nella cassa *b* e attraverso una stretta fessura va a frangersi contro il labbro superiore *l*. Essa entra in parte nella canna, vi provoca delle vibrazioni e vi produce un suono molto netto ed aggradevole.

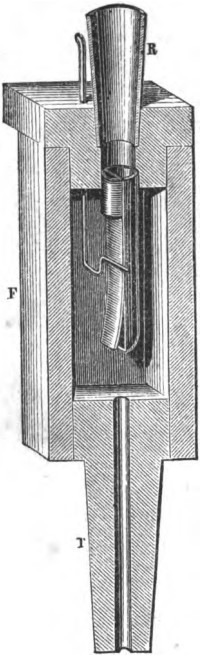


Fig. 10.

La fig. 10 vi dà un'esempio della canna a *pivetta*. L'aria che entra da *r*, per passar nel tubo più largo *R*, deve attraversare un apparecchio speciale, la *pivetta*, di cui la fig. 10 *bis* mostra più particolarmente la disposizione. La cassa *acb* è chiusa col mezzo della laminetta metallica ed elastica *d*. Quando questa è sollevata, l'aria penetra attraverso la fessura *a*; poi la laminetta ricade per la propria elasticità e chiude il passaggio. Le vibrazioni della laminetta provocano quindi delle chiusure e aperture rapide; l'aria vi penetra a intervalli, a sbuffi regolari ed è così che ottengo un suono. Sia che mi serva della prima o della seconda canna, quando soffio fortemente il suono è forte; esso diviene debole quando soffio debolmente, ed è in quest'ultimo caso il suono più basso che la canna possa dare, per cui lo si chiama il suono fondamentale della canna.

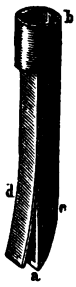


Fig. 10 *bis*.

Digitized by Google

Tale suono dipende dalle dimensioni e sovra tutto dalla lunghezza della canna ed anche dalla natura del gas, che vi si fa entrare; per cui a dimensioni determinate e a un determinato modo di soffiare corrisponde un suono fondamentale determinato. Quando il soffio si rinforza, può accadere che la canna dia un suono diverso dal suono fondamentale. Questo accade sopratutto, se la canna è molto stretta in confronto colla sua lunghezza; il che s'impedisce facilmente dando alla canna una larghezza proporzionata alla lunghezza, seguendo certe regole che la pratica ha suggerito. Si può dunque costruire, a volontà, una canna che dia di preferenza il suono fondamentale; oppure un'altra che dia di preferenza suoni più acuti. E tanto l'uno che l'altro caso è utilizzato nella musica pratica.

Difatti si hanno istrumenti, a bocca o a pivetta, in cui ogni canna è destinata a dare soltanto il suo suono fondamentale: così, per esempio, l'organo in tutte le sue svariate e complicatissime forme, che può assumere. Molti istrumenti a fiato, come le trombe, i tromboni ecc. ed anche il flauto, sono canne destinate a dare ciascuna una serie di suoni. Si ottiene ciò col dare all'istrumento una grande lunghezza in confronto colle altre dimensioni, e girando e voltando la canna per darle una forma più comoda, quando sarebbe troppo lunga. Come la corda vibrante, una canna sonora dà allora una serie di suoni successivamente più alti. Basta a ciò rinforzare la corrente d'aria. Ma si ottiene un migliore e più rapido effetto coll'aprire, col mezzo di *pistoni* appositi nelle trombe, col mezzo *delle dita e delle chiavi* nel flauto, qualche comunicazione coll'aria esterna in punti adattati. L'effetto è paragonabile a quello, quando nella corda si tocca un punto

Digitized by Google

col dito; si stabilisce un nodo, e la colonna d'aria vibrante si suddivide in un certo numero di parti secondo regole semplici, ma che variano colla natura della canna.

Il flauto, le canne d'organo in gran parte, sono canne a bocca; ma nel primo la bocca è costituita da un foro nell'istrumento medesimo e dalle labbra del suonatore. Istrumenti a pivetta sono il clarino, l'oboè, e tutte le trombe; queste ultime hanno un piccolo imbuto, su cui s'applicano le labbra, le quali vibrando fanno funzione di pivetta.

Nelle canne, di forme tanto diverse, si distinguono pure le aperte e le chiuse. A parte certe differenze molto caratteristiche, il suono prodotto con le une e con le altre è, caeteris paribus, diverso in altezza. Due canne, l'una chiusa e l'altra aperta, di forma e grandezza uguale, dànno due suoni fondamentali, che stanno fra di loro come suono fondamentale e ottava. Chiudendo quindi una canna aperta si passa all'ottava bassa; aprendo una canna chiusa, si passa all'ottava alta.

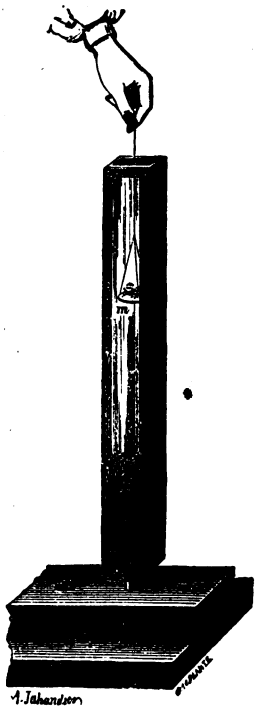


Fig. 11.

Per dimostrare le vibrazioni dell'aria nella canna si possono usare mezzi diversi. Un mezzo consiste nell'introdurre nella canna aperta alla parte superiore una membrana leggiera e molto tesa di carta *m*, sulla quale si sparge dell'arena [fig. 11]. Il suono si altera alquanto per l'introduzione di questo corpo estraneo;

Digitized by Google

ciò nonostante esso continua ad esistere, e attraverso la parete di vetro di cui la canna è dotata, si osserva come l'arena è lanciata in alto con un certo rumore, perchè le vibrazioni dell'aria si comunicano alla membrana di carta e da questa all'arena. A metà della lunghezza della canna il movimento dell'arena cessa, il che dimostra, che in quel punto esiste un vero nodo e che quindi il saltellamento dell'arena non è provocato dall'aria che soffia, ma bensì dall'aria che vibra.

Un'altro modo semplice di dimostrare le vibrazioni dell'aria è il seguente. Prendo una canna piuttosto lunga per rapporto alla sua larghezza, canna in cui una parete è formata di una tavola di legno molto sottile. Soffiandovi dentro con una certa violenza, ottengo un suono molto più acuto del suono fondamentale della canna. L'aria che vibra comunica le sue vibrazioni alla parete sottile. Per cui tenendo la canna orizzontale e spargendo arena sulla parete sottile, questa saltella e va ad accumularsi in alcune linee, che sono vere linee nodali ed indicano con esattezza il modo, con cui l'aria vibra nell'interno della canna.

Un altro metodo, di qualche importanza, è stato indicato da *Kundt*. Prendo un tubo di vetro sufficientemente grosso, della lunghezza di due metri circa. Verso nell'interno del tubo una polvere leggiera, come seme di licopodio o segatura di sughero, e la distribuisco con una certa regolarità. Chiudo il tubo alle due estremità con tappi di sughero; con una mano lo tengo fermo in mezzo, e coll'altra lo sfrego servendomi di un panno leggiermente bagnato. Si forma un suono acuto e netto; le vibrazioni del tubo si trasmettono all'aria rinchiusa, e la polvere leggiera si di-

Digitized by Google

stribuisce regolarmente nel modo indicato dalla fig. 12, ove una porzione del tubo è rappresentata. I cerchi sono nodi

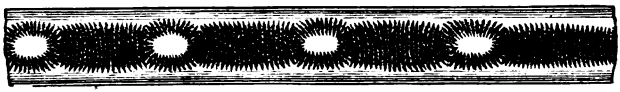


Fig. 12.

e in mezzo tra l'uno e l'altro la polvere mostra vere strie trasversali.

La forma della figura e specialmente la distribuzione dei nodi dipende da varie circostanze, dalle dimensioni del tubo, dal suono che per conseguenza vi si provoca, e dal gas che si trova rinchiuso nel tubo. In questo riguardo il metodo di Kundt è suscettibile di grande esattezza e di molte applicazioni, e permette di dedurre la velocità; con cui il suono si propaga nei diversi corpi.

8. Negli ultimi tempi il meccanico *König* ha immaginato un nuovo metodo molto elegante, quello delle fiamme manometriche, per dimostrare le vibrazioni dell'aria nelle canne sonore.

La figura 13 dà un'idea abbastanza esatta dell'apparecchio da lui immaginato. Una o più canne uguali o diverse, [nel disegno qui annesso sono uguali, A e B] sono poste sopra una piccola cassa *b*, che funziona da cassa d'aria. Il tubo di gomma elastica *a* la mette in comunicazione con un mantice, le valvole *v* servono a far agire a volontà l'una o l'altra delle canne, od anche ambedue. Sulla canna stessa è praticato un foro, chiuso di nuovo con una capsula *e*, sotto la quale trovasi una membrana sottile elastica. Questa serve a separare l'interno della canna dall'interno della capsula, la quale è messa in comunicazione da un lato col

Digitized by Google

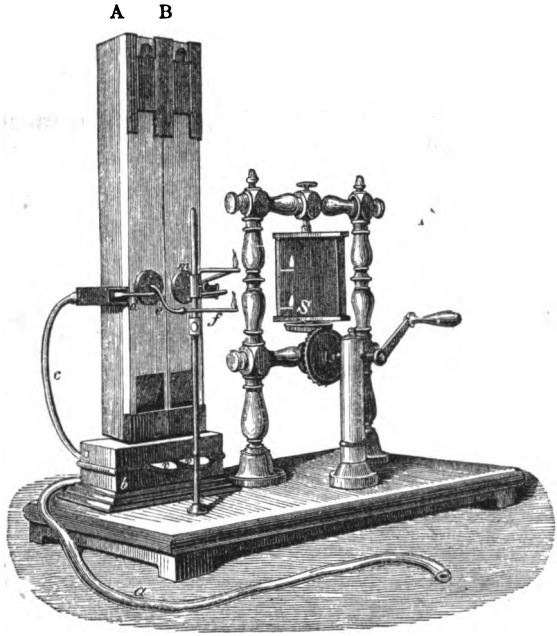


Fig. 13.

tubo a gas *c* col mezzo del tubicino *d*, dall'altro lato col tubicino *f*, che termina in un forellino. Il gas entra dunque nella capsula, la riempie, e passa attraverso il tubicino ed il forellino. Per cui accendendolo al forellino, si ottiene una piccola fiamma. Se la canna non dà nessun suono, il gas passa attraverso la capsula tranquillamente, e dà luogo a una fiamma tranquilla e normale. Se, invece, la canna produce il suo suono, l'aria vibrante comunica il suo movimento alla membrana, da questa al gas, e quindi alla fiammella. Voi vedete di fatti, quando produco colla canna questo suono, che la fiammella si allunga, diviene irre-

Digitized by Google

quieta e più azzurra, e indica in tutto il suo portamento qualche cosa di anormale. Questo proviene da ciò, che la fiammella prende parte alle vibrazioni dell'aria nella canna. Essa si abbassa e s'innalza rapidamente, e siccome questo movimento per la sua rapidità non può essere seguito dall'occhio, noi vediamo soltanto una forma complessiva della fiamma, forma che risulta dalla sovrapposizione delle fiammelle parziali ora corte, ora lunghe.

Per poter veder comodamente le vibrazioni della fiamma, si ricorre ad un mezzo molto usato in fisica. Voi vedete dietro la fiamma una cassa quadrata ricoperta con quattro specchi S, cassa che col mezzo di un manubrio e di un sistema di ruote dentate si fa girare rapidamente intorno ad un asse verticale. Quando la fiamma arde in modo costante, si forma nello specchio girante una striscia continua luminosa, perchè a ciascuna posizione che lo specchio prende nella sua rotazione, corrisponde un'immagine della fiamma sempre uguale. Se invece la fiamma vibra, vale a dire, se essa è ora corta ed ora lunga, a certe posizioni dello specchio corrispondono immagini corte e ad altre lunghe, e si vedono quindi nello specchio girante le immagini succedersi, ora corte ed ora lunghe [fig. 14, *a*].

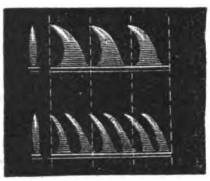


Fig. 14.

Le fiammelle corte si confondono sensibilmente nella massa luminosa, perchè la parte più bassa della fiamma non prende gran parte alle vibrazioni. Ma le fiamme lunghe si vedono nettamente separate le une dalle altre, per cui il fenomeno presenta la forma di fiammelle staccate e tutte uguali, come è indicato nella fig. 14. Questo metodo dà un'immagine

Digitized by Google

netta di ciò, che avviene nell'interno della canna, e l'esperienza riesce sempre visibile, anche ad un uditorio molto numeroso, purchè si abbia cura di oscurare la stanza onde togliere dallo specchio tutti gli altri riflessi.

Posso anche adoperare una canna più piccola, la quale mi dà un suono più acuto del primo, che è precisamente l'ottava dell'altro. Voi osserverete facilmente, che mentre faccio agire l'apparecchio nell'istesso modo di prima, le fiammelle vibranti sono notevolmente più ravvicinate. In tesi generale, *quanto più acuto è il suono*, tanto più, a uguale rotazione dello specchio, sono ravvicinate le fiammelle, vale a dire, *tanto più rapide sono le vibrazioni dell'aria nella canna.* Questa è una legge molto importante, che richiederà in seguito maggiore studio da parte nostra, ma che è utile aver già costatata con questa elegante esperienza. E possiamo anche andare più in là, e determinare il rapporto fra il numero delle vibrazioni delle nostre due canne. Le faccio agire tutte e due, indipendentemente l'una dall'altra, e ottengo due serie di fiammelle l'una sovrapposta all'altra. fig. 14, *a* e *b*. E per poco che le fissiate attentamente, vedrete che due immagini di sotto corrispondono ad una immagine di sopra, e ciò qualunque sia la velocità, con cui giri lo specchio. Arriviamo quindi alla conclusione, che *l'ottava è sempre composta di un numero di vibrazioni doppio di quello del suono fondamentale.*

9. Potrei continuare ancora in simili dimostrazioni, che in verità gli esempi non mancano. Ve ne ho citati soltanto alcuni fra i più importanti e credo che essi bastino a dimostrarvi il còmpito che mi sono proposto per questa prima conferenza. Sempre dove vi è un suono, si ritro-

Digitized by Google

vano delle vibrazioni. Per cui possiamo concludere che suono e vibrazioni sono fenomeni concomitanti. Le vibrazioni possono venire da un corpo solido, da un corpo liquido o da un corpo gassoso. Ma non vi è nessun caso conosciuto di un suono senza vibrazioni di corpi materiali. Con ciò non intendo dire, che tutte le vibrazioni debbano produrre un suono. Affinchè ciò accada, bisogna che esse corrispondano a certe condizioni speciali che studieremo in seguito. Ma fin d'ora possiamo dire, che dove vi è un suono, vi sono delle vibrazioni.

Ora le vibrazioni sono qualche cosa di obbiettivo: esse esistono all' infuori dell'uomo nel corpo sonoro.

Il suono invece è prodotto nel nostro orecchio ed è quindi una cosa subbiettiva. Per un sordo esistono le vibrazioni, ma non esiste il suono: egli potrebbe studiare le prime, ignorando del tutto, che esse producono sul nostro organismo normale una sensazione speciale. Per cui possiamo concludere, che *le vibrazioni sono la causa ed il suono è l' effetto* prodotto nel nostro orecchio, ossia in altri termini, che il suono è il risultato di certe vibrazioni dei corpi.

Digitized by Google

II.ª CONFERENZA.

1. Trasmissione del suono. — 2. Propagazione nell'aria, — 3. nell'acqua e in altri corpi. — 4. Velocità del suono nell' aria, — 5. nell'acqua ed in altri corpi. — 6. Riflessione del suono. — 7. Eco.

1. Noi possediamo nel nostro organismo un' istrumento speciale, l'orecchio, atto a percepire i suoni. Ma se le vibrazioni del corpo sonoro sono la causa del suono, sorge ora la domanda, come queste vibrazioni arrivino fino al nostro orecchio per produrvi la sensazione sonora. Una vibrazione non può evidentemente propagarsi, se non in un mezzo atto a propagarla. Questo mezzo è generalmente l'aria; ma lo può essere qualunque altro corpo solido, liquido o gassoso, purchè sia elastico.

L'elasticità dei corpi è una condizione necessaria non solo alla formazione del suono, ma ben anco alla sua trasmissione. Perchè le vibrazioni non si propagano altrimenti che trasmettendo il proprio movimento agli strati più vicini al corpo vibrante. Questi strati lo comunicano a nuovi strati vicini e così di seguito.

La vibrazione pare dunque che cammini di strato in strato, e quando le circostanze lo permettono, in tutte le direzioni. Il movimento vibratorio non è possibile, se ciascuna particella del mezzo trasmettente non è capace di vibrare per proprio conto, vale a dire, se il mezzo non è

Digitized by Google

elastico. Ed anzi la possibilità, che un corpo possiede di trasmettere dei suoni, costituisce uno de' criterii più sicuri, per stabilire l'elasticità del corpo medesimo.

Per avere un'immagine molto chiara della trasmissione di un movimento vibratorio, basta osservare una grande superficie d'acqua perfettamente tranquilla. Gettandovi dentro una pietra, si vede dal punto urtato partire una serie di onde concentriche, le quali si allargano, diventano meno pronunziate e finiscono per divenire insensibili. Sarebbe un errore il credere, che l'acqua stessa si trasporti da un punto all'altro. Ogni particella rimane, per così dire, al suo posto e compie soltanto una vibrazione perpendicolare alla direzione delle onde; compiuta la quale essa si trova esattamente al medesimo posto di prima. Che ciò accada così, può facilmente dimostrarsi. Basta gettare sull'acqua della segatura di legno o altri corpi galleggianti, per vedere che essi sono scossi dal movimento ondulatorio, che passa sotto di essi, senza essere sensibilmente spostati. È dunque soltanto il movimento vibratorio, che si propaga da un punto all'altro e non il corpo o frazione del corpo medesimo.

Più complicato, e nell'istesso tempo più interessante, è il caso di parecchi movimenti vibratorii, che provenienti da punti diversi vengono a urtarsi o ad incrociarsi l'uno contro l'altro. Se gettiamo nell'acqua tranquilla due o più pietre in punti diversi, si formano due o più sistemi di onde, le quali allargandosi devono incontrarsi. L'esperienza dimostra, che in alcuni punti comuni alle due onde diverse avvengono fenomeni speciali che vogliamo chiamare *interferenze*. Ma al di là di questi punti ciascuna onda si propaga nell'istesso modo, come se l'altra non esistesse, e come se l'altra non fosse mai esistita.

Digitized by Google

Questo è il grande principio della *coesistenza* dei movimenti vibratorii, principio che l'esperienza insegna e che l'analisi matematica ha dimostrato fino all'ultima evidenza. Esso è applicabile a tutti i casi, qualunque sia il corpo elastico che si esamini e qualunque sia la natura delle sue vibrazioni. Applicato al caso delle vibrazioni sonore ed all'aria, esso conduce a questa conclusione: che venti, trenta, cento suoni diversi possono trasmettersi in tutte le direzioni, senza perturbarsi reciprocamente.

2. Ma voglio innanzi tutto dimostrarvi che realmente l'aria è capace di trasmettere i suoni. Prendo un pallone di vetro, nel quale penetra un bastone d'ottone che porta alla sua estremità, attaccato con un fascio di cotone non elastico, un *campanello c* [fig. 15]. Il pallone porta al suo collo una chiavetta *a*, che permette di chiuderlo o di aprirlo. Dal pallone ho estratta l'aria per mezzo della macchina pneumatica tanto perfettamente, quanto lo era possibile. Voi vedete che posso scuotere il pallone e quindi il campanello quanto voglio, e non si ode alcun suono. Soltanto se tengo l'orecchio attaccato al pallone medesimo, sento un suono debolissimo, il quale proviene da ciò che l'aria non è estratta completamente, e che il fascio di cotone, sul quale è appeso il campanello, non è completamente privo di elasticità e trasmette quindi leggermente il suono. Ma il fenomeno è debolissimo e non è avvertito che da me, che gli sto vicino. Apro ora per un momento la chiavetta e la chiudo di nuovo: un po' d'aria è entrata nel pallone ed

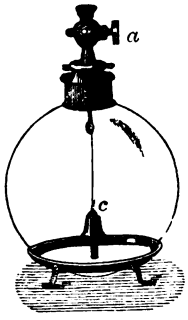


Fig. 15.

Digitized by Google

il suono del campanello incomincia a farsi sentire. Le sue vibrazioni trovano già un mezzo elastico, quantunque molto rarefatto, capace di trasmetterle fino all' inviluppo di vetro del pallone. Il vetro, che è fortemente elastico, le trasmette all'aria esterna e quindi al nostro orecchio, ed è perciò che il suono si sente quantunque debolmente.

Apro di nuovo la chiavetta. Man mano che l'aria vi entra, il suono diviene più forte, e quando l'aria è arrivata ad avere nell' interno del pallone la stessa densità dell'aria esterna, il campanello si fa sentire con tutta la sua intensità. Questo dimostra, che l'aria è capace di trasmettere le vibrazioni sonore; che in questo caso essa era necessaria a tale trasmissione, e che essa trasmette il suono tanto meglio, quanto più grande è la sua densità.

3. Ma non solamente l'aria, tutti i corpi solidi, liquidi e gassosi, purchè elastici, sono capaci di trasmettere le vibrazioni sonore. È un fatto notissimo, quando si prendono dei bagni di mare che, tuffando la testa sott'acqua o tenendo almeno gli orecchi sott'acqua, si odono distintamente i rumori prodotti dall'urto dell'acqua contro le roccie. È un fatto ugualmente conosciuto che per sentire i rumori lontani, prodotti dal passo di persone o di animali, conviene tenere l'orecchio a terra; il che dimostra che la terra non solamente trasmette i suoni, ma li trasmette in certi casi anche meglio dell'aria.

Quasi tutti i corpi conosciuti sono capaci di trasmettere i suoni e fra tutti, i metalli sono i più adatti.

Tale trasmissione riesce specialmente bene, quando il suono rimane circoscritto, ed è obbligato a propagarsi in una direzione sola. Questo non è il caso di una campana, che suona nell'aria libera; il suono si trasmette in tutte

Digitized by Google

le direzioni e si affievolisce presto. Ma se invece la trasmissione si fa in una direzione sola, un suono anche debole può udirsi a grande distanza. Su questo principio sono fondati i tubi acustici o *tubi parlanti*, che sono tanto in uso. Sono tubi cilindrici, per lo più di gomma elastica, che si dispongono a volontà da un punto all'altro; sola condizione, che non vi siano curvature brusche. Parlando ad una estremità, il suono si trasmette di strato in strato, ed arriva facilmente all'altra estremità. Si può così comunicare fra due parti distanti d'un edifizio. Teoricamente, non vi è limite a tale trasmissione in tubi cilindrici: in pratica, il suono poco a poco si affievolisce nei lunghi tubi, perchè l'aria vibrante si sfrega contro le pareti del tubo e vi perde una parte del suo movimento. Tuttavia si può arrivare fino a grandi distanze.

Una elegante esperienza sulla trasmissione dei suoni è stata descritta da *Wheatstone*. Una bacchetta di legno, della lunghezza di molti metri, passa da una stanza ad un'altra, per esempio, da una stanza a quella del piano sottostante. Per preservarla da contatti con altri corpi, la circondiamo con un tubo di latta, e con gomma elastica; ma le due estremità rimangono libere. Una estremità è messa in comunicazione colla cassa armonica di un pianoforte, o con altro istrumento musicale, e trasmette fino all'altra estremità tutti i suoni di quello. Per rendere sensibili i quali, basta attaccare alla seconda estremità un altro istrumento, un violino, un'arpa, un pianoforte. L'effetto è sorprendente: si ode benissimo un pezzo musicale, suonato nell'altra stanza o in altro piano.

4. Ciò posto si presenta ora la seguente questione. Con quale velocità si trasmette il suono nei diversi corpi? È

Digitized by Google

essa grande o piccola? È essa la medesima per tutti i corpi, oppure diversa?

Noi intendiamo per velocità lo spazio percorso in un minuto secondo, e passando ad un esempio vogliamo chiederci, quale sia lo spazio che una vibrazione sonora percorre nell'aria in un minuto secondo. È un fatto conosciutissimo, che questa velocità non è grande. Difatti, quando un uomo a una certa distanza batte con un martello sopra un' incudine, vediamo prima il movimento del martello e poi sentiamo il suono, e se la distanza è un po' grande, la differenza di tempo fra il vedere e il sentire diviene molto sensibile. Un colpo di cannone tirato a grande distanza si annunzia a noi prima sotto forma di una fiamma prodotta dall'esplosione della polvere, e poi soltanto sotto forma di rumore. Esempi simili sussistono in grande quantità. Essi dimostrano che il suono si trasmette molto più lentamente della luce, e che in ogni caso la velocità del suono non può essere grande.

Il metodo per determinare la velocità del suono è in sè molto semplice. Basta collocare in due stazioni differenti e alla più grande distanza possibile l'uno dall'altro due cannoni, misurare con esattezza la loro distanza, far tirare dei colpi in momenti già prima concertati, e osservare col mezzo di un contasecondi il momento, in cui il rumore della prima stazione arriva alla seconda e vice versa. Si conosce così il tempo che il suono impiega per percorrere lo spazio compreso fra le due stazioni; si conosce di più la distanza fra le due stazioni, e dividendo questa per quello si ha la velocità cercata.

Simili esperienze si devono fare di notte, per non essere disturbati da altri rumori. Si devono fare di più in notti

Digitized by Google

calme senza vento, perchè il vento, non essendo altro che un trasporto di una grande massa d'aria, aumenta o diminuisce la velocità del suono a seconda che esso è favorevole o sfavorevole, vale a dire, a seconda che la sua direzione si trovi uguale o contraria alla direzione del suono. Ma siccome non siamo mai sicuri che vento non ci sia, si tirano appunto i colpi di cannone tanto alla prima quanto alla seconda stazione, perchè in tal caso il vento sarà favorevole all'uno, sfavorevole alla trasmissione dell'altro suono. L'una delle due velocità sarà quindi troppo grande, l'altra troppo piccola, e la media rappresenta con grande approssimazione il valore che si sarebbe trovato nel caso, in cui mancasse il vento.

Esperienze di questo genere sono state eseguite parecchie volte. Voglio citarvi specialmente quelle eseguite dagli accademici francesi nell'anno 1822 fra *Monthléry* e *Villejuif*, quelle eseguite da *Moll* e *Van der Beck*, e finalmente quelle fatte ultimamente da *Regnault* con metodi molto perfezionati.

Risulta da queste esperienze, che la velocità del suono nell'aria, alla temperatura dello zero, può fissarsi in cifra tonda a 330 metri al minuto secondo; e questa velocità cresce regolarmente colla temperatura in modo, che alla temperatura di sedici gradi essa è di circa 340 metri al minuto secondo; e, cosa che non si sapeva prima, che essa è alquanto più grande per i suoni forti che per i suoni deboli. Però questa differenza constatata da *Regnault* è molto piccola, e può nella massima parte de' casi essere trascurata. In conferma dell'influenza della temperatura sulla velocità del suono voglio citarvi anche le esperienze fatte dal Capitano *Parry* nell'isola di Melville, situata in

Digitized by Google

mezzo al gruppo d'isole poste nell'America settentrionale, dalle quali risulta per la bassissima temperatura di 38,°5 sotto lo zero la minore velocità di 309 metri.

Un'altra questione è questa, se i suoni bassi o acuti si propaghino colla stessa velocità. Se voi udite da lontano una banda militare, osserverete che il pezzo musicale da essa eseguito conserva interamente il suo movimento ritmico. I suoni arrivano più deboli per la grande distanza, ma essi si mantengono esattamente nell'istesso ordine di successione. Questo non sarebbe possibile, ove i diversi suoni, alti o bassi che siano, non avessero la stessa velocità. *Biot* ha voluto eseguire delle esperienze più esatte in questo caso, facendo suonare col mezzo di un flauto una melodia determinata e semplicissima, in modo da fare entrare il suono in uno dei tubi condotti della città di Parigi. Udendo all'altra estremità del lunghissimo tubo, egli trovò il ritmo della melodia inalterato. Però non è del tutto impossibile, che esperienze più esatte ci rivelino qualche piccola differenza in proposito, come risulterebbe da alcune esperienze di *Regnault*. Ma sarà sempre una differenza piccolissima e in massima parte trascurabile.

5. La velocità del suono nell'acqua è stata determinata da *Colladon* e *Sturm* nel lago di Ginevra. Un timbro era collocato sott'acqua e destinato a dare dei suoni in tempi determinati. Ad una grande distanza da questo, un tubo era condotto dalla barca, ove trovavasi l'osservatore, fino nell'acqua. Il tubo era molto allargato nella parte inferiore a guisa di un colossale orecchio, ed era chiuso col mezzo di una membrana elastica, la quale pescava interamente nell'acqua. Le vibrazioni sonore provenienti dal timbro si propagavano attraverso l'acqua fino alla membrana, e

Digitized by Google

da questa all'aria del tubo. L'osservatore che teneva l'orecchio al tubo, sentiva distintamente il suono. Per cui, misurando la distanza dal timbro fino all'osservatore e misurando il tempo impiegato dal suono per percorrere tutta la distanza, *Colladon* e *Sturm* trovarono la velocità di 1435 metri. La velocità del suono nell'acqua è quindi notevolmente superiore a quella del suono nell'aria.

Molte altre esperienze si sono eseguite per conoscere la velocità del suono in varii corpi. Mi sarebbe impossibile, senza oltrepassare i limiti tracciatimi, di entrare in maggiori dettagli su questa materia; tanto più che i metodi adoperati in tale ricerca sono molto svariati e richiedono conoscenze più approfondite della teoria del suono. Mi voglio quindi limitare a dirvi, che la velocità del suono è piccola per i corpi gassosi come l'aria, e che in questi essa è tanto più piccola quanto più denso è il gas; che essa è quindi la più piccola possibile per l'acido carbonico [262 metri], il quale è un gas una volta e mezzo più denso dell'aria, e la più grande possibile per l'idrogeno [1269 metri], gas leggierissimo e 14 volte meno denso dell'aria. Nei gas la temperatura aumenta notevolmente la velocità.

Per i liquidi la velocità è, generalmente parlando, notevolmente maggiore che per i gas [eccettuato l'idrogeno]. Per i solidi essa trovasi ancora molto maggiore, specialmente per i metalli, per i quali essa ascende fino a 20 volte la velocità nell'aria. Ma la temperatura diminuisce, generalmente e in quantità notevole, la velocità, salvo per il ferro, in cui la velocità cresce al principio colla temperatura fino a 100°, e poi diminuisce rapidamente.

Queste differenze e queste anomalie provengono dalla

Digitized by Google

struttura intima dei vari corpi, e dal modo come questa varia colla temperatura. La velocità del suono dipende da due quantità: dall' elasticità e dalla densità del corpo; essa cresce quanto più cresce la prima e quanto più diminuisce la seconda. Ora le leggi, secondo cui variano l' elasticità e la densità colla temperatura, possono essere molto diverse, specialmente nei corpi solidi: ne viene, che anche le variazioni della velocità del suono nei solidi debbano seguire leggi complicate.

Per le diverse qualità di legni si hanno valori molto diversi a seconda della direzione delle fibre e degli strati.

La seguente tabella contiene alcune determinazioni fatte in proposito, e servirà a chiarire meglio quello che vi ho ora esposto.

Velocità del suono in alcuni corpi.

Aria a	0°	secondo	diversi esperimentatori .	330 metri
Ossigeno	»	»	Dulong	317 »
Idrogeno	»	»	»	1269 »
Acido carbonico	»	»	»	262 »
Gas illuminante	»	»	»	314 »
Acqua della Senna	a	15°	secondo Wertheim .	1437 »
Acqua di mare	a	20°	» » .	1453 »
Alcool assoluto	a	23°	» » .	1160 »
Etere solforico	a	0°	» » .	1159 »
Piombo	a	20°	» » .	1228 »
id.	a	100°	» » .	1204 »
Oro	a	20°	» » .	1743 »
id.	a	100°	» » .	1719 »
id.	a	200°	» » .	1634 »

Digitized by Google

Argento.	a 20°	»	»	. 2707	metri
id.	a 100°	»	»	. 2639	»
id.	a 200°	»	»	. 2477	»
Rame	a 20°	»	»	. 3556	»
id.	a 100°	»	»	. 3292	»
id.	a 200°	»	»	. 2954	»
Ferro	a 20°	»	»	. 5127	»
id.	a 100°	»	»	. 5299	»
id.	a 200°	»	»	. 4719	»
Acciajo fuso	a 20°	»	»	. 4986	»
id.	a 100°	»	»	. 4925	»
id.	a 200°	»	»	. 4788	»
Legno d'acacia, nel senso delle fibre				4714	»
id.	in senso trasversale agli strati			1475	»
id.	nel senso degli strati			1352	»
Pino, nel senso delle fibre				3322	»
id. trasversalmente agli strati				1405	»
id. nel senso degli strati				794	»

6. Quando un'onda sonora va a urtare contro un'ostacolo, essa mostra l'istesso fenomeno che ci dànno i corpi elastici, quando urtano contro una parete elastica. L'onda sonora viene riflessa in modo, che l'angolo d'incidenza sia uguale all'angolo di riflessione. Chiamasi angolo d'incidenza l'angolo formato dal raggio sonoro, che va a percuotere la parete, e dalla perpendicolare calata sul punto percosso della parete. Chiamasi angolo di riflessione l'angolo formato da questa medesima perpendicolare e dal raggio sonoro riflesso. Con questa legge è sempre perfettamente determinata la direzione, che un raggio sonoro deve prendere dopo la sua riflessione.

Digitized by Google

Fenomeni di riflessione esistono in quantità innumerevoli. Le due forme più distinte sono la risuonanza e l'eco. Quando un suono è prodotto in una stanza chiusa, le onde sonore si propagano in tutte le direzioni, vanno a colpire le pareti della stanza e sono da queste rimandate per riflessione, la quale può anche ripetersi molte volte da una parete all'altra. Un'osservatore che si trovi nella stanza, sentirà non solamente il suono che gli viene direttamente dal corpo sonoro, ma riceverà ben anco le vibrazioni, che gli vengono per riflessione da tutte le parti della stanza.

Il suono è quindi notevolmente rinforzato, ed è questa la ragione, per cui riesce assai più facile l'udire e il farsi udire in una stanza chiusa, anzicchè in un locale aperto. Evidentemente il suono rimane in tale caso non solamente rinforzato, ma ben anco alterato; perchè le riflessioni sulle pareti, stante la piccola velocità del suono, richiedono un certo tempo, e prolungano più o meno sensibilmente il suono. Finchè la stanza è piccola, tale prolungamento non è sensibile e può essere trascurato. Ma quando la stanza assume proporzioni vaste, come per esempio in un teatro, ogni nota che si parla, che si canta o che si suona, può prolungarsi notevolmente; essa si confonde colla nota successiva e tale fenomeno di risuonanza può divenire estremamente molesto, ove non vi si ponga riparo. Questo accade in tutti i grandi locali chiusi e vuoti, ove la riflessione si esercita liberamente. Per impedirlo non c'è che un mezzo, che consiste nel rompere le grandi pareti. I palchi di un teatro, le decorazioni fra palco e palco, le gallerie, le tende perfino, non servono soltanto per il comodo degli spettatori e per la bellezza interna del teatro, ma hanno bensì uno scopo molto più importante, d'impe-

Digitized by Google

dire cioè, la risuonanza spiacevole del locale. È questo uno dei problemi più difficili per un architetto, di costruire una sala acustica, vale a dire una sala ove il suono sia notevolmente rinforzato, senza che degeneri in risuonanza, e si può dire che in pochi teatri soltanto questo problema sia stato risoluto in modo soddisfacente.

La riflessione del suono è stata utilizzata in varie maniere. Natura ed arte si sono data la mano per risolvere alcuni problemi che non mancano d'interesse. È noto il celebre *orecchio di Dionisio*, una specie di foro scavato nella roccia presso Siracusa, ove il più lieve strepito si trasforma in un rumore assordante. La grande cupola della chiesa di San Paolo a Londra è costruita in modo, che due persone, le quali si trovino in punti opposti della galleria interna, posta sul tamburo della cupola, possono parlare fra di loro a bassissima voce. Il suono si trasmette dall'una all'altra per riflessioni successive lungo la curva della cupola. Simili fenomeni si trovano frequentemente sotto i grandi archi di ponti, viadotti ecc., e vi fu un'epoca, in cui problemi di tal fatta erano molto ricercati, e spesso risoluti dagli architetti. Egli è così, che nei vecchi palazzi s'incontrano spesso delle camere parlanti, condotti di comunicazione, ecc.

Un modo elegante di dimostrare la riflessione del suono consiste nell'uso di due specchi parabolici MN, M'N', [fig. 16] posti l'uno di faccia all'altro, in modo che i loro centri siano compresi nella retta AA'. Collocando un corpo sonoro, in un punto speciale F, detto il *foco*, le onde sonore vanno a urtare lo specchio, sono rimandate per riflessione verso il secondo specchio e da questo concentrate nel proprio *foco* F'.

Digitized by Google

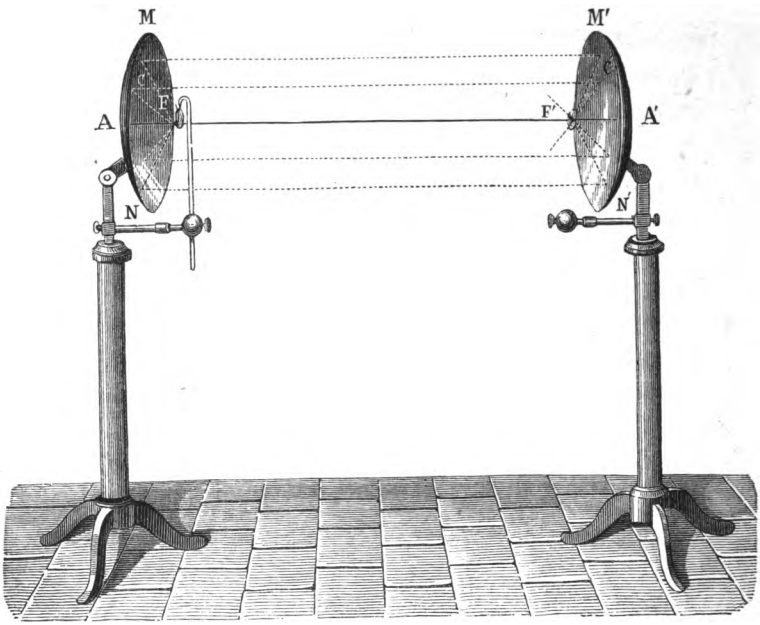


Fig. 16.

Il raggio FC viene cioè riflesso nella direzione CC', e con una seconda riflessione in C'F'. Qualunque altro raggio va a riflettersi nell' istesso modo, e tutti si concentrano in F'. Un orecchio collocato in questo punto sente quindi distintamente un lieve rumore formato in F, col mezzo degli specchi e della doppia riflessione che ne consegue, mentre senza gli specchi non potrebbe percepire altro che il raggio FF', troppo debole in sè per produrre una sensazione abbastanza forte.

Un altro caso di riflessioni molteplici si riscontra nel famoso Battistero di Pisa, edifizio sormontato da una spe-

Digitized by Google

cie di cupola stretta e di forma speciale. Collocandosi sotto la cupola nell'interno del Battistero, e cantando una nota, il suono si prolunga per un tempo molto lungo; per cui cantando successivamente tre o quattro note in cadenza, si ode per effetto della riflessione un'accordo bellissimo, che par di organo, e che si prolunga notevolmente.

7. Fra tutti i casi di riflessione il più conosciuto è quello che si chiama *eco*. Affinchè l'eco si formi, bisogna che a una certa distanza dall'osservatore si trovi una grande parete verticale, o almeno qualche cosa, come per esempio una roccia, che rassomigli grossolanamente ad una parete. Un suono mandato dall'osservatore verso la parete gli ritorna per riflessione, e se la distanza percorsa dal suono è abbastanza grande, il suono riflesso sarà nettamente staccato dal suono emesso. La velocità del suono essendo alla nostra temperatura ordinaria di circa 340 metri al secondo, la decima parte è di 34 metri. Ora l'esperienza insegna che si pronunziano in un secondo in media cinque sillabe, per cui il tempo necessario per pronunziare una sillaba è di $\frac{1}{5}$ di secondo. In questo tempo il suono percorre due volte 34 metri ossia 68 metri.

Ne segue che, se la parete riflettente si trovi ad una distanza di 34 metri dall'osservatore, una sillaba pronunziata impiegherà un decimo di secondo per trasmettersi fino alla parete, ed un altro decimo per ritornare all'osservatore, in tutto dunque un quinto di secondo. L'eco arriverà quindi all'orecchio dell'osservatore, quando la sillaba è stata già pronunziata, e quindi separata e distinta. In tale caso l'eco si chiama *monosillaba*; essa si chiama *bisillaba*, quando due sillabe possono arrivare distintamente

Digitized by Google

all'osservatore. Questo avviene quando la parete si trovi ad una distanza doppia, vale a dire alla distanza di almeno 68 metri. Ad una distanza tripla l'eco potrà essere *trisillaba* e così di seguito.

L'eco può anche essere molteplice, quando il suono si riflette fra due pareti parallele, poste a sufficiente distanza l'una dall'altra. Il caso più interessante di questo genere è certamente quello della *Simonetta* presso Milano, una villa con due fabbricati laterali. Un colpo di pistola vi si riproduce fino a 32 volte.

Esempi di echi si trovano un po' dappertutto. La loro spiegazione è sempre facile; mi pare quindi inutile di insistervi più a lungo.

Digitized by Google

III.ª CONFERENZA.

1. Caratteri del suono e differenza tra suono e rumore. — 2. Intensità del suono e varie cause da cui dipende. — 3. Principio della concomitanza dei suoni. — 4. Casse armoniche e risuonatori.

1. Tutti i varii suoni della natura, qualunque sia la loro origine e qualunque sia il modo con cui si propagano, si distinguono fra di loro per tre qualità diverse:

1.] per l'energia maggiore o minore con cui sono prodotti, ossia per la loro *intensità;*

2.] per la loro *altezza;*

3.] per quella differenza caratteristica, per cui anche un' orecchio poco esercitato distingue facilmente il suono del violino dal suono del flauto, quello del pianoforte da quello della voce umana ecc., anche se questi suoni hanno tutti la medesima intensità e la medesima altezza. Questa differenza caratteristica chiamasi il *timbro.*

Noi dobbiamo ora esaminare, da che dipendano queste tre qualità diverse del suono. Ma prima che entri in questa importante materia, sento il bisogno di dirvi cosa s'intenda veramente per *suono,* quando si parla delle sue qualità.

Generalmente si distingue in fisica fra *suono* e *rumore.* Suono è il risultato di vibrazioni molto regolari che seguono una legge, forse complicata, ma pur sempre una legge. Quando le vibrazioni assumono la forma più sem-

Digitized by Google

plice possibile, che è quella offertaci dalle oscillazioni del pendolo, il suono che ne risulta si chiama *semplice;* se la legge è più complicata, il suono chiamasi *composto.*

Il rumore all'incontro è un miscuglio di suoni accozzati insieme senza nessuna regola, o con una regola talmente complicata, che l'orecchio non la comprende e non la sente. Ne segue che, se nella massima parte dei casi si distingue facilmente tra l'uno e l'altro, pure il limite tra suono e rumore non è sempre nettamente tracciato. Ciò che per taluno può già esser un suono, per un altro è ancora un rumore, e viceversa. Il suono confuso, che ci vien dal movimento delle onde del mare, è generalmente considerato come rumore; ma un orecchio attento ed esercitato vi scorge suoni determinati, e vi trova un significato musicale. Così i poeti parlano spesso, e non senza ragione, dell'armonia delle onde. Un'orchestra, quando i singoli suonatori accordano gli strumenti e si preparano a suonare, produce un rumore, che può forse considerarsi come la linea di separazione tra il suono e il rumore. Difatti vi si trova, se anche disordinata, molta musica dentro e l'impressione generale non è punto spiacevole.

Un orecchio più fine o più esercitato può ritrovare in mezzo a' rumori confusi un suono determinato. Molte volte, chi non è abituato non si accorge della presenza di un suono più marcato in mezzo a tanti altri. Ma per poco che si stia attenti, si arriva facilmente a riconoscerlo.

Per dimostrarvi questo fatto, prendo qui una serie di 8 tavolette, che hanno tutte la medesima lunghezza e larghezza e che variano soltanto nello spessore. Se faccio cadere sul mio banco una di queste tavolette, nel rumore pell'urto voi non distinguerete probabilmente alcun suono

Digitized by Google

Eppure un suono molto marcato c'è. Per renderlo evidente a tutti, faccio cadere successivamente le otto tavolette. Esse sono accordate in modo da produrre la scala musicale, e voi sentite la scala molto distintamente. Ne segue che nel rumore confuso, prodotto dalla caduta di ciascuna tavoletta, vi è un suono, che prima non avvertivate, nonostante che esso sia sufficientemente netto e distinto.

Nello studio che ora imprendiamo, intenderò sempre suoni e non rumori, perchè per un rumore non avrebbe alcun significato il voler determinare le sue qualità. L'altezza, l'intensità ed il timbro non presentano niente di ben definito.

2. Ciò posto, voglio ricercare con voi, quali siano le cause da cui dipende, o dalle quali viene modificata l'intensità dei suoni.

L'intensità dipende primieramente dalla maggiore o minore energia, con cui il suono è stato prodotto. Ora da tutte le esperienze fatte nella prima mia conferenza risulta, che la maggiore energia produce un movimento vibratorio più marcato nelle particelle del corpo sonoro, in questo senso che ogni particella vibrante percorre spazii più lunghi. La legge dell'isocronismo delle vibrazioni dimostra, che la durata è indipendente dallo spazio percorso, almeno in quella approssimazione, che generalmente è riputata sufficiente. Noi chiamiamo *ampiezza* delle vibrazioni lo spazio massimo percorso da ciascuna particella, per cui diremo che l'energia maggiore o minore, con cui un suono è prodotto, influisce unicamente sulla ampiezza delle vibrazioni e non sulla loro durata. In altri termini, *l'intensità del suono è rappresentata dall'ampiezza delle vibrazioni.*

Digitized by Google

L' intensità di un suono dipende inoltre dalla natura e dalla densità del corpo destinato a trasmetterlo. Difatti un corpo sonoro si fa sentire con intensità diversa a seconda che il suono sia trasmesso dall'aria, da un altro gas, dall' acqua o da altro liquido, o infine da un corpo solido qualunque. Quanto alla densità mi basta rammentarvi l' esperienza fatta nella seconda mia conferenza [2], di un campanello posto in un pallone di vetro. Quando l'aria era completamente estratta, il suono non si sentiva punto; e il suono andava man mano rinforzandosi, quando faceva entrare successivamente l' aria nel pallone.

L' intensità del suono dipende ancora dalla distanza, alla quale si trovi il corpo sonoro. È questa una legge generale della natura, confermata da numerose esperienze e dalla teoria, che tutti quei fenomeni, qualunque essi siano, i quali hanno la proprietà di trasmettersi ugualmente in tutte le direzioni, debbano seguire la ragione inversa del quadrato della distanza.

Il suono appartiene precisamente a questa categoria di fenomeni. Difatti esso, a condizioni pari, si trasmette ugualmente in tutte le direzioni. Ne segue che la sua intensità deve variare in ragione inversa del quadrato della distanza. Questo significa che un suono, il quale a una certa distanza abbia una data intensità, si presenta alla distanza doppia con una intensità quattro volte minore, ossia che la sua intensità si trova ridotta ad un quarto. Per una distanza tripla l' intensità diviene $\frac{1}{9}$, e per una distanza venti volte maggiore l'intensità diviene $\frac{1}{400}$ dell' intensità primitiva.

3. L'intensità dipende ancora dalla presenza di altri corpi,

Digitized by Google

capaci di vibrare assieme al corpo principale. Abbiamo già visto precedentemente, che in un locale chiuso il suono è più forte che in un locale aperto. Questo proviene dalle riflessioni molteplici, che accadono nell'interno del locale; per cui le vibrazioni esistenti là dentro non si possono disperdere ed arrivano quindi in maggior numero all'orecchio dell'osservatore. Questo non è che un caso speciale, in cui trattasi piuttosto di conservare le vibrazioni esistenti, anzicchè di crearne delle nuove.

Ma l'esperienza insegna, che ogni qual volta un corpo vibra, altri corpi posti in vicinanza possono pure entrare in vibrazioni, a questa sola condizione, *che tali corpi siano capaci, per sè stessi, di produrre il medesimo suono.* Questo fatto interessante merita, che io mi vi fermi sopra un'istante: si può dimostrarlo in modi diversi.

Prendo qui il sonometro, sul quale sono tese due corde uguali. Voi sentite che esse sono accordate in modo da dare ciascuna il medesimo suono. Per constatare se in un dato caso esse vibrino, metto come nella prima conferenza [5] sulle due corde i cavalierini di carta. Sfrego coll'archetto una delle due corde in modo, che essa mi dia il suono fondamentale. Voi vedete tutti i cavalierini posti su questa corda essere lanciati in aria. Ma osservate nell'istesso tempo, che anche l'altra corda, che io non avevo punto toccata, presenta il medesimo fenomeno, quantunque più debolmente: i suoi cavalierini dopo qualche riluttanza sono pure lanciati via.

Rimetto sulle due corde i cavalierini, e toccando una delle corde nella sua metà e sfregandola coll'archetto, vi determino in mezzo un nodo, e produco un suono più elevato. La seconda corda si mette da sè a vibrare nell'istesso

Digitized by Google

modo; tutti i cavalierini sono lanciati via, meno uno: quello cioè, il quale corrisponde al nodo di mezzo. Questo significa, che la seconda corda vibra nell'istesso modo della prima.

Posso continuare così, facendo vibrare la prima corda in un modo qualunque: i cavalierini della seconda corda dimostrano, che questa si mette subito a vibrare nell'istesso modo. Le vibrazioni della prima corda si trasmettono al cavalletto di legno che la regge, e da questo alla seconda corda. Esse si trasmettono pure dalla prima alla seconda corda per mezzo dell'aria, e il movimento vibratorio è il medesimo in ambedue le corde.

Ma il movimento vibratorio della seconda corda non ha più luogo, se questa per sè stessa non è capace di dare, vibrando, il medesimo suono della prima. Per dimostrarvelo, stendo una delle due corde un poco di più, in modo che fra le due corde vi sia una differenza di suono sensibile, per esempio di un mezzo tono. Posso ora sfregare la prima corda quanto voglio e come voglio, voi non vedete più nella seconda alcun movimento. Non è quindi l'azione puramente meccanica dell'urto o delle scosse date all'istrumento, che produceva prima il bel fenomeno che abbiamo osservato.

Un'altra esperienza, atta a dimostrar la medesima legge, è la seguente. Prendo un corista, montato, come si suol fare, sopra una cassa di legno. Sfregato coll'archetto, esso dà un suono molto netto e puro. Prendo ora una canna d'organo la quale per sè stessa dia il medesimo suono. Appena la faccio suonare in vicinanza del corista senza che essa del resto lo tocchi, voi sentite il corista riprodurre immediatamente il medesimo suono. Ma il fenomeno

Digitized by Google

non si verifica più, quando invece della prima canna io mi servo di una canna diversa, la quale mi dia un suono diverso da quello del corista.

Due coristi uguali mostrano questo fenomeno in modo molto marcato. Collocandoli anche a grande distanza fra di loro, l'uno risuona subito, appena suona l'altro. Questo non accade più, se i coristi non dànno il medesimo suono. Per persuadersene, basta prendere due coristi diversi od anche alterare leggiermente il suono di uno dei due coristi precedenti, coll'attaccargli sulle sue branche col mezzo della cera una piccola moneta. Esso non risuona più.

Un terzo modo di dimostrare la medesima legge è il seguente [fig. 17]. Prendo un vaso cilindrico di vetro A e faccio vibrare un corista B al di sopra di esso. Il suono del corista non è punto rinforzato.

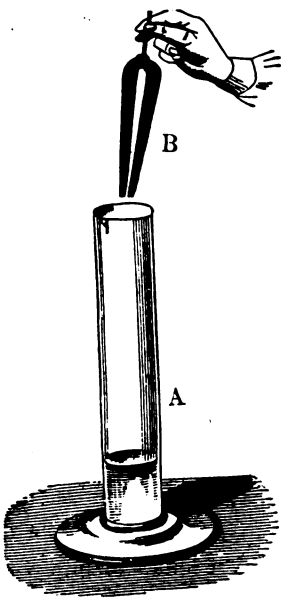


Fig. 17.

Ma se verso leggiermente dell'acqua nel vaso, diminuisco poco a poco il volume dell'aria che vi è rinchiusa. Versando più e più arrivo ad un punto, in cui il suono si rinforza notevolmente; continuando ancora a versare, il fenomeno cessa. Posso così con poche prove determinare la quantità d'acqua che devo mettere nel vaso, onde ottenere il rinforzo massimo possibile. Trovato questo punto cerchiamo la causa del rinforzo del suono.

Digitized by Google

Prendo il vaso e soffio leggiermente verso il suo orlo superiore. Voi sentite un suono debole prodotto, come nelle canne d'organo, dalle vibrazioni dell'aria, e questo suono è perfettamente quello del corista. Se all'incontro getto via l'acqua oppure vi aggiungo della nuova, soffiando nell'istesso modo ottengo dei suoni, che non hanno più nulla che fare col suono del corista.

Alle stesse conclusioni si arriva col mezzo del *timbro di Savart,* [fig. 18]. Un grosso timbro A, sfregato coll'ar-

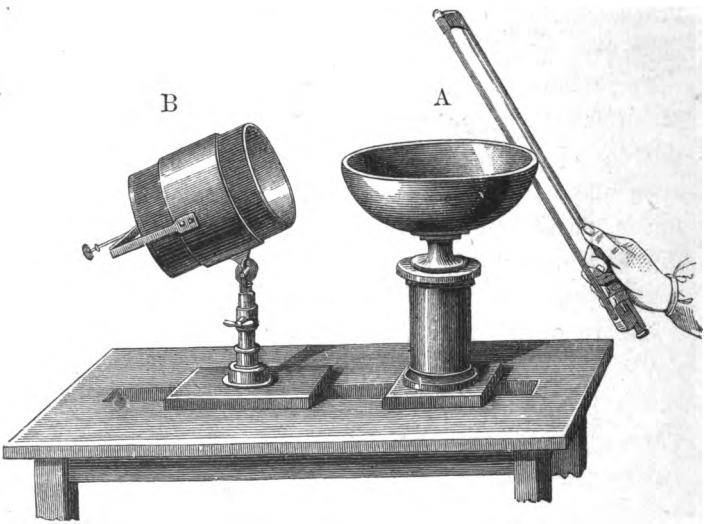


Fig. 18

chetto, produce un suono potente. Un cilindro di legno B, vuoto, e a fondo mobile gli può essere avvicinato. Muovendo il fondo mobile e modificando così le dimensioni interne del cilindro rivolto verso il timbro, si trova facilmente il punto, in cui il rinforzo è massimo. L'effetto, che si ottiene è notevole, quando avvicino il cilindro. Quando

Digitized by Google

il suono del timbro è già forte, il rinforzo prodotto dal cilindro è sensibilissimo. Più notevole ancora ne è l'effetto, quando lascio diminuire il suono del timbro in modo che lo si senta a stento: avvicinando il cilindro esso diviene marcatissimo.

4. Queste esperienze dimostrano dunque che il rinforzo di un suono avviene soltanto quando in vicinanza del corpo sonoro si trovino altri corpi, capaci di dare per sè il medesimo suono. Questa importante legge della risuonanza ha avuto molte applicazioni.

La *casse armoniche* sono fondate su questa legge. Di fatti voi potete osservare qui una collezione di coristi, i quali per sè dànno suoni molto deboli. Essi però sono montati sopra casse di legno, come nella fig. 19, ove il corista AC è attaccato alla cassa sottostante col mezzo del piede B.

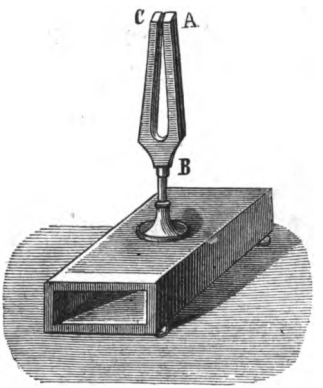


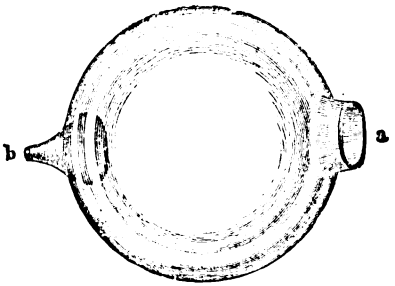
Fig. 19.

Le casse hanno dimensioni diverse a seconda delle dimensioni del loro corista. Queste casse rinchiudono una quantità d'aria determinata per ciascun suono. Esse rinforzano notevolmente il suono del corista, purchè le loro dimensioni siano scelte bene.

Una forma interessante di casse armoniche, che ha acquistato negli ultimi anni una grande importanza, è quella dei cosidetti *risuonatori di Helmholtz*. Sono sfere metalliche vuote, di diversa grandezza, od anche cilindri muniti

Digitized by Google

di due aperture. L'una, la maggiore, *a* serve soltanto a mantenere la comunicazione fra l'aria esterna e quella della sfera; l'altra b, la minore, ha la forma di un orifizio a collo allungato, ed è destinata ad essere introdotta nell'orecchio [fig. 20 e 20 *bis*].



A
Fig. 20.

Per l'uso, conviene avere una serie di questi risuonatori di varia grandezza. Ciascuno di essi, a seconda del volume d'aria che rinchiude, rinforza un suono solo; i più grandi servono per i suoni bassi, i più piccoli per i suoni alti.

I risuonatori sferici sono veramente i migliori e dànno il fenomeno più netto. Tuttavia si adoperano talvolta quelli

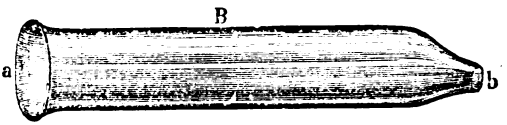


Fig. 20 *bis*.

di forma cilindrica ed anche di forma conica, perchè si tengono meglio in mano, e riescono quindi più comodi a maneggiarsi.

È facile dimostrare che questi risuonatori rinforzano i suoni, e ciascuno un suono solo. Prendo una serie di coristi, i quali dànno suoni corrispondenti a quelli dei risuonatori. Faccio suonare uno dei coristi, gli avvicino il risuonatore corrispondente, e voi sentite come il suono è

Digitized by Google

rinforzato. Molto meglio ancora osservo questo effetto, se introduco nell'orecchio la punta del risuonatore, e chiudo l'altro orecchio colla mano.

E notate che qualunque altro risuonatore non mi produce questo effetto, se non quando è combinato col corista corrispondente. Supponiamo che vi siano molti suoni mescolati insieme, il nostro orecchio difficilmente li può allora separare. Ma se voglio sapere, se fra tutti quei suoni ve ne sia uno determinato, basta che prenda il risuonatore corrispondente, e che lo adatti al mio orecchio. Se quel suono c'è, esso sarà rinforzato, e così potrò discernerlo facilmente in mezzo a tutti gli altri.

Un esempio di questo genere è facile a trovarsi. Faccio suonare tutti i coristi che qui vedete. Essi mi dànno un'armonia molto aggradevole, nella quale però un'orecchio poco esercitato non saprebbe forse indicare i singoli suoni che la compongono. Col mezzo dei risuonatori la cosa è facilissima.

Altro esempio. La voce umana è molto ricca di suoni, e anche quando si parla semplicemente, si modula colla voce, molto più di quanto generalmente non si creda. Prendo un risuonatore e lo tengo all'orecchio, mentre parlo colla voce naturale. Di quando in quando sento distintamente nel risuonatore il suono, che gli corrisponde. Il che significa che fra i molti suoni, da me emessi parlando, v'è anche quello speciale a cui il risuonatore si riferisce. Si potrebbero così, con un poco di pazienza, analizzare successivamente tutti i suoni emessi da una persona che parla.

In una conferenza successiva vi mostrerò quale partito si possa tirare, seguendo l'esempio di *Helmholtz*, dall'uso di questi risuonatori. Vi farò allora vedere [conferenza 9]

Digitized by Google

come una delle più importanti e delle più delicate leggi siasi potuta scoprire e svolgere in questo modo.

Il caso dei risuonatori e di certe casse armoniche non deve confondersi con quello delle casse armoniche annesse ad alcuni istrumenti musicali. Il sonometro che voi qui vedete, il violino e gli altri strumenti ad arco, il pianoforte, ecc., hanno casse armoniche destinate a rinforzare non solamente un suono solo, ma invece tutti i suoni, e in modo possibilmente uniforme. Sarebbe un pessimo istrumento musicale quello, nel quale i diversi suoni non avessero la medesima intensità, quando il modo di produrli fosse lo stesso. La teoria di queste casse armoniche è molto più complicata e non è facile a svolgersi. Mi limiterò soltanto a dire che per ottenere un tale effetto bisogna che la cassa sia relativamente molto grande, e che abbia una forma speciale, che la pratica ha suggerito. In tal caso la cassa armonica corrisponde ad un suono molto basso, e va soggetta, come le corde vibranti, a questa legge, di corrispondere non solamente al suono più basso, ma anche a molti suoni successivamente più acuti. Purchè il suono più basso sia veramente basso, si può arrivare a rinforzare un numero così grande di suoni da poter considerare tale numero quasi come infinito.

Questo accade specialmente per lamine, per membrane e per grandi tavole vibranti, e la pratica insegna che veramente, in fatto di suoni da rinforzarsi, si può ottenere tutto ciò che si vuole in questo riguardo.

Digitized by Google

IV.ª CONFERENZA.

1. Misura del numero delle vibrazioni, metodo grafico. — 2. Sirena di Cagniard de la Tour. — 3. Altezza dei suoni; limiti dei suoni sensibili, dei suoni musicali e della voce umana. — 4. Corista normale. — 5. Legge delle vibrazioni delle corde e dei suoni armonici.

1. La seconda qualità caratteristica dei suoni è l'*altezza*. Ogni orecchio anche poco esercitato distingue un suono alto da un suono basso, anche quando la differenza non è grande. Io mi propongo di dimostrarvi: *che l'altezza dipende dal numero delle vibrazioni, che un corpo sonoro fa in ogni minuto secondo*, in questo senso, che i suoni bassi sono caratterizzati da piccolo numero, i suoni alti da grande numero di vibrazioni.

Per risolvere questa questione, dobbiamo risolvere prima un'altra: come si determina il numero delle vibrazioni? Vi sono parecchi metodi in fisica, che servono a tale scopo.

Un metodo vi ho già fatto in gran parte conoscere. È il metodo grafico, col mezzo del quale abbiamo nella prima conferenza [4] tracciate le vibrazioni di un corista. In quella esperienza io mi sono servito di un cilindro, che facevo girare a mano. Naturalmente il movimento non poteva essere molto regolare; ma se invece della mano io mi servo di uno dei molti congegni meccanici, posso ottenere facilmente un movimento perfettamente regolare, e determinare pure la velocità di questo movimento. Supponiamo per esempio, che io dia al cilindro la velocità di

Digitized by Google

un giro al secondo; il corista traccierà le sue vibrazioni, e per conoscerne il numero non ho a fare altro, che contare, quante se ne trovino in un giro completo del cilindro. Ugualmente semplice diviene il ragionamento, se il cilindro fa un altro numero qualunque di giri al secondo. Se per esempio, il cilindro ne fa cinque, basterà contare le vibrazioni comprese in cinque giri; e la determinazione sarà esatta, purchè il numero dei giri, che il cilindro fa per secondo, sia determinato con esattezza. Questo è spesso possibile, ed io vi mostrerò più tardi un *contatore* semplicissimo, col quale si misura il numero dei giri di un' apparecchio rotante. Con ciò sarebbe dunque risoluto il problema, almeno per ciò che riguarda le vibrazioni dei coristi.

2. Ma voglio approfittare di questa occasione per farvi conoscere un altro istrumento, il quale serve benissimo a questo scopo ed offre sul cilindro girante il vantaggio, di non richiedere una leggiera alterazione del suono per il fatto, che al corista vibrante si deve attaccare una punta, destinata a tracciare le proprie vibrazioni. Questo istrumento è la *sirena di Cagniard de la Tour.*

Le figure 21, 22, 23 mostrano la disposizione dell'istru-

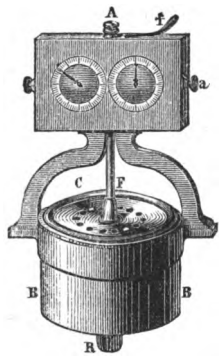


Fig. 21.

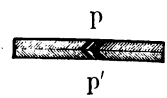


Fig. 22.

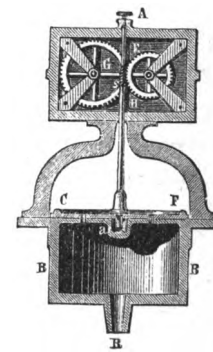


Fig. 23.

Digitized by Google

mento. Esso si compone di una scatola cilindrica fissa e vuota BBB, la quale col mezzo del suo collo può essere adattata ad un mantice, destinato a fornire una corrente d'aria costante. Sulla base superiore del cilindro si trova un certo numero di fori tutti equidistanti, e disposti sulla periferia di un cerchio concentrico coll' orlo della base medesima. Questi fori sono tutti obliqui in modo, da formare colla linea verticale un angolo di 45 gradi all'incirca. Al di sopra dei fori trovasi un disco metallico C, che li ricopre perfettamente, e che può girare rapidamente intorno ad un asse verticale A. Questo disco porta un numero eguale di fori, per posizione e per grandezza perfettamente corrispondenti a quelli del disco di sotto. Anche questi fori sono obliqui, ma la direzione è diversa, in modo da formare colla linea verticale un angolo pure di 45 gradi, ma colla direzione dei fori sottostanti un'angolo di 90 gradi. La fig. 22 mostra la sezione dei due dischi, fisso e mobile, e la disposizione dei fori. Il foro p è obliquo in un senso, il foro p' in senso contrario. Nella fig. 23 trovasi disegnata la sezione di tutto l'apparecchio, per cui si vede la cassa cilindrica vuota B della sirena, il disco mobile CF e l'asse Aa, intorno a cui gira il disco. Quando col mezzo del mantice si soffia una corrente d'aria nel cilindro, questa corrente passa bensì attraverso i fori; ma nell'istesso tempo, stante l'obliquità di essi, urta contro le pareti dei fori medesimi.

Il disco mobile riceve così una serie di urti, tutti nel medesimo senso, ed incomincia quindi a girare. Esso gira presto, quando la corrente è forte; gira lentamente, quando la corrente è debole; e caricando convenientemente il mantice, si può regolare a volontà la forza della corrente, e quindi la velocità di rotazione del disco mobile.

Digitized by Google

Ma la corrente d'aria, che entra nel cilindro con un getto costante, non può uscire attraverso i fori che in modo intermittente, appena il disco mobile incominci a girare. La ragione è molto semplice. Ogni qual volta i fori del disco mobile si collocano sopra i fori del disco fisso, l'aria passa; essa all'incontro è intercettata, quando i fori del disco mobile si sovrappongono alla parte massiccia, compresa tra foro e foro del disco fisso. Ne segue che l'aria deve uscire dalla sirena sotto forma di piccoli sbuffi, i quali saranno tanto più frequenti, quanto più grande è il numero dei fori sull'uno e sull'altro disco, e quanto più grande è la velocità di rotazione del disco mobile. Supponiamo, per esempio, che ciascun disco abbia venticinque fori, come è il caso della mia sirena [nel disegno sono indicati soltanto otto, ma il numero è arbitrario]. Supponiamo di più, che la sua velocità di rotazione sia di un giro al minuto secondo. In tale caso da ciascun foro del disco sovrastante usciranno venticinque sbuffi d'aria al minuto secondo. Se invece il disco mobile fa 2, 3, 4, ecc. giri al secondo, per trovare il numero degli sbuffi d'aria prodotti da ciascun foro, dovremo moltiplicare il numero dei fori, che è di 25, per 2, 3, 4, ecc. ed in generale per il numero dei giri, che il disco fa al secondo.

Voi sentite, quel che accade, quando metto la sirena in azione. Si forma un suono molto netto, basso al principio quando il disco gira lentamente, alto man mano che cresce la velocità del disco. Il suono si forma appunto, perchè l'aria esterna posta sopra l'istrumento è urtata regolarmente dagli sbuffi d'aria della sirena. Questi urti periodici producono nell'aria esterna delle vibrazioni, il numero delle quali corrisponde evidentemente al numero degli urti

Digitized by Google

ricevuti. Noi possiamo quindi, caricando il mantice a volontà, produrre quel suono che vogliamo, alto o basso che sia; noi possiamo nell'istesso tempo calcolare il numero delle vibrazioni corrispondenti, purchè vi sia un mezzo di determinare il numero dei giri, che l'istrumento fa in un minuto secondo.

A tale scopo serve il contatore semplicissimo, che si trova nella parte superiore dell' istrumento, ed è rappresentato dalla figura 23. Al disco mobile CF è attaccato un albero d'acciaio verticale Aa, il quale porta nella parte superiore alcuni giri S di una così detta *vite senza fine*. In questa vite ingranano i denti di una ruota dentata EH, la quale si sposta di un dente per ogni giro dell' albero e del disco mobile. All' asse della ruota dentata è attaccato un'indice, come negli orologi [vedi fig. 21]; una graduazione unitavi permette di osservare i suoi movimenti, e quindi anche quelli della ruota dentata. Ogni piccola divisione corrisponde ad un dente della ruota, ossia ad un giro del disco mobile della sirena. La ruota dentata ha cento denti, quindi la divisione sotto l' indice consta di cento parti, disposte sopra una periferia intera. Una seconda ruota dentata G, con un secondo indice ed una seconda divisione, è disposta in modo che per ogni cento giri della prima ruota la seconda si muova avanti di un dente, e il suo indice di una divisione. Le divisioni di questa segnano dunque sempre le centinaja di giri, mentre quelli della prima segnano i giri semplici.

Questo sistema permette di determinare facilmente il numero dei giri, anche se sono moltissimi, che la sirena fa in un dato tempo. Per facilitare il còmpito, le ruote dentate si possono avvicinare ed allontanare a volontà dal-

Digitized by Google

l'albero grande col mezzo del bottone *a* [fig. 21], il quale permette un piccolo spostamento; le ruote si mettono quindi in azione soltanto quando si vuole e fino a quando si vuole.

Voglio ora mostrarvi con un'esempio come si maneggia l'istrumento. Prendo qui un corista a caso, e vogliamo determinare il numero delle vibrazioni che corrisponde al suo suono. L'operazione si riduce a questo:

1.] Riprodurre colla sirena il medesimo suono, in modo da mantenerlo costante per un certo tempo.

2.] Ottenuto questo, mettere in azione un contasecondi e il contatore della sirena, e determinare così il numero dei giri in un secondo.

Queste due operazioni si fanno facilmente. La prima si ottiene caricando il mantice in modo conveniente. Difatti, osservate quel che accade. Il suono della sirena è, al principio, molto basso; esso cresce lentamente ed arriva dopo qualche tempo a mantenersi costante. La ragione di questa costanza stà in ciò, che la corrente d'aria è giusto capace di vincere gli attriti dell' istrumento per quella data velocità. Ma il suono del mio corista è più elevato: per raggiungerlo, carico di più il mantice. Voi sentite che il suono si eleva subito, e dopo qualche prova trovo il peso che devo dare al mantice, per raggiungere il suono del corista e per mantenervelo fisso. Voi osservate che il suono si mantiene costante per un certo tempo, durante il quale posso compiere comodamente la seconda operazione.

Ciò posto, osservo la posizione esatta degli indici, metto poi in azione il mio contasecondi e, al momento voluto, anche il contatore della sirena, che lascio in azione per

Digitized by Google

dieci secondi. È sempre meglio operare con questo tempo più lungo, anzicchè con un secondo solo; perchè nel primo caso un piccolo errore, commesso nel mettere in azione il contatore, si fà meno sentire che nel secondo.

Cessati i dieci secondi, interrompo l'azione del contatore, e dalla posizione, che ora gli indici hanno, vedo quanti giri ha fatto il nostro istrumento in dieci secondi.

In questo caso abbiamo 358 giri per 10 secondi, il che vuol dire, che ad un secondo corrispondono 35, 8 giri. Per conoscere ora il numero delle vibrazioni, siccome il disco della sirena consta di 25 fori, moltiplico 35,8 per 25, e trovo 895 vibrazioni.

Il corista, che ho quì preso come esempio, produce dunque un suono di 895 vibrazioni al minuto secondo.

Come abbiamo operato in questo esempio, così si può operare in qualunque siasi altro caso. La sirena si presta benissimo a ricerche di questo genere. Essa richiede soltanto un' orecchio esercitato, affinchè si possa riprodurre con esattezza un suono determinato. Sia che si voglia ricorrere al metodo grafico, sia che si voglia far uso della sirena, noi abbiamo acquistata la possibilità di determinare il numero delle vibrazioni di moltissimi, e starei per dire, di tutti i suoni.

3. Voglio quindi farvi conoscere i risultati più importanti, ai quali si arriva in questo riguardo con un esame minuzioso ed esatto dei fatti.

Quale è il limite dei suoni sensibili? Il nostro orecchio percepisce come suono un numero qualunque di vibrazioni, o il nostro senso trovasi ristretto entro certi confini? Che vi sia un limite inferiore si dimostra facilmente col mezzo della sirena. Quando si mette in azione la si-

Digitized by Google

rena, e quando questa in sul principio gira molto lentamente, si odono separatamente i singoli sbuffi d'aria, ma non si sente un suono. Un suono gravissimo incomincia soltanto, quando la sirena gira un po' più presto. Dalle esperienze più esatte risulta, che occorrono almeno sedici vibrazioni al minuto secondo, affinchè si produca un suono; e anche questo limite non si raggiunge altrimenti, che adoperando un' istrumento molto energico, vale a dire, un istrumento capace di produrre suoni assai intensi. Negli altri casi, come per esempio in quello della sirena comune, occorrono venti o anche venticinque vibrazioni per produrre un suono apprezzabile.

Più difficile è il fissare un limite superiore al suono. Se carico successivamente il mantice, la sirena gira sempre più presto, il suono diviene sempre più acuto e diventa finalmente stridulo e spiacevole.

Ma con questa sirena non sarebbe possibile di ottenere una velocità al di là di un certo limite, perchè gli attriti si oppongono ad una grandissima velocità. Per risolvere la questione, *Despretz* si è servito di coristi sempre più piccoli, ed egli è arrivato finalmente a dimostrare, che vi esiste per il suono un limite superiore, al di là del quale il nostro orecchio non percepisce più nulla.

Questo limite fu da lui fissato presso a poco a 38000 vibrazioni al secondo, cifra che è stata ultimamente confermata da *Helmholtz;* ma è probabile che essa sia diversa per i diversi individui. Possiamo concludere, che le vibrazioni sonore stanno entro i limiti di 16 e di 38000 al secondo.

Ma non tutti i suoni compresi fra questi limiti estremi sono suoni musicali propriamente detti, vale a dire, suoni

Digitized by Google

di cui la musica pratica si vale. I suoni troppo bassi si sentono male, i suoni troppo alti sono spiacevoli. Per il pianoforte moderno di sette ottave complete il *la* basso corrisponde a 27 1/2 circa, il *la* più acuto a 3480 vibrazioni; per cui, tenuto conto della varia accordatura, si può dire, che i suoni del pianoforte si aggirano fra 27 e 3500 vibrazioni al secondo. Per il violino la quarta corda vuota [il suono più basso] corrisponde a circa 193 vibrazioni, il suono più alto può fissarsi a circa 3500.

Questa cifra non è però la più elevata. Certi pianoforti vanno fino al settimo *do*, il quale corrisponde a 4200 circa, e col flautino si arriva perfino a 4700 e più vibrazioni. Ma il guadagno vero, che la musica abbia realizzato coll'estendersi tanto, è molto dubbio. Suoni troppo acuti sono striduli e perdono interamente quel tono pieno e soave, che costituisce il carattere principale dei suoni musicali. Si può concludere senza esagerazione, che i suoni musicali sono compresi fra 27 e 4000 vibrazioni.

Interessante è pure la questione della voce umana e dei limiti, entro cui si aggira. Noi dobbiamo in questa distinguere tra la voce d'uomo e quella di donna, la quale ultima è rappresentata all'incirca da un numero di vibrazioni doppio di quella dell'uomo. In ciascuna di quelle voci si fanno poi, per i bisogni musicali, tre sottodivisioni, e così si ha per l'uomo la voce di basso profondo, di baritono e di tenore; per la donna la voce di contralto, di mezzosoprano e di soprano.

La tabella seguente segna i limiti di ciascuna di queste voci per quel caso normale, che si è in diritto di chiedere da un buon cantante esercitato. Le cifre scritte entro parentesi rappresentano casi di voci eccezionali, che il teatro ha fin qui prodotto.

Digitized by Google

Estensione e limiti della voce umana.

	si	mi		re	fa
Basso	[61]	82		293	[348]
	re	fa		fa diesis	sol
Baritono	[73]	87		370	[392]
	sol	la		la	do diesis
Tenore	[98]	109		435	[544] [1]
	do	mi		fa.	la
Contralto	[110]	164		696	[870]
	mi	fa		la	si
Mezzo sopr.	[164]	174		870	[976]
	sol	la		do	mi
Soprano	[196]	218		1044	[1305]

La voce bene sviluppata di un singolo cantante abbraccia all'incirca due ottave, nella donna qualche cosa di più. I limiti estremi della voce umana, [uomo e donna riuniti] si possono fissare in quattro ottave, dal do = 65 fino al do = 1044, non comprendendovi certi casi estremi [2].

4. Una questione di qualche importanza pratica è stata suscitata e risoluta negli ultimi tempi: quella di stabilire un corista normale per tutti i paesi, per poter accor-

[1] Il tanto e troppo decantato *do diesis* di Tamberlik.

[2] Alcune voci, meravigliosamente dotate, hanno avuto limiti più estesi; le voci della Cruvelli, della Catalani, della Patti, della Nilsson rimarranno per ciò celebri. La voce più alta pare essere stata quella della *Bastardella*, che Mozart udì a Parma nel 1770, la quale aveva 3 1/2 ottave e arrivava fino a quasi 2000 vibrazioni. Anche la voce dei castrati, e specialmente quella del celebre *Farinelli*, aveva limiti estesissimi.

Digitized by Google

dare uniformemente gl' istrumenti. A tale scopo serve generalmente un piccolo corista, il quale dà quel *la*, che corrisponde alla seconda corda vuota del violino ed è, sopra un pianoforte completo a sette ottave, il quinto *la* calcolato dal suono più basso. Tutti i principali teatri d'Italia e d'Europa avevano adottato coristi diversi tra loro, e anche nel medesimo teatro il *la* andava successivamente crescendo. Nel 1700 esso faceva a Parigi 405, più tardi 425, nel 1855 440, nel 1857 448 vibrazioni. Quest' ultima cifra sussiste anche per il teatro di Berlino, mentre il corista della Scala [Milano] corrisponde a 451 $^1/_2$, e quello del teatro di Londra a 455 vibrazioni.

Questo fatto era molto spiacevole per i cantanti, per i quali non era cosa facile il soddisfare a esigenze sensibilmente diverse in climi diversi; specialmente ove si consideri, che la musica moderna, per forzare gli effetti, si aggira di preferenza nei suoni estremi e specialmente negli acuti, e richiede quindi molto dai cantanti. Aggiungasi a ciò la tendenza dei costruttori d'istrumenti, specialmente di quelli d'ottone, di elevare sempre più il corista, onde dare agl' istrumenti una maggiore sonorità. Come si è visto dall'esempio di Parigi, era quindi accaduto, che dal secolo passato in quà il corista si era dappertutto innalzato notevolmente, e tendeva sempre più ad innalzarsi. Era dunque necessario di porre un riparo a tale grave inconveniente, ed una commissione internazionale fissò come *corista normale* quello corrispondente a 435 vibrazioni al minuto secondo.

5. Voglio chiudere questa mia conferenza col dimostrarvi una legge importante, alla quale si arriva studiando il numero delle vibrazioni di una corda. Quando la corda vibra

Digitized by Google

tutta in unica vibrazione, essa dà il suo suono più basso, che abbiamo chiamato il suono fondamentale. Se dividiamo la corda, toccandola col dito o con una penna, in due, in tre, in quattro ecc. parti, otteniamo suoni sempre più acuti, i quali costituiscono ciò, che si chiama una *serie armonica.* Voi avrete certamente rimarcato, che questi suoni della serie armonica non sono suoni presi a caso. Essi sono molto aggradevoli all'orecchio in rapporto col suono fondamentale, ed hanno una grande importanza, come vedremo in seguito, per la teoria della musica e degli istrumenti musicali.

Si può ora chiedersi, se vi esista una semplice legge, che riguardi questi suoni, come è semplice il modo della loro formazione.

Per rispondere a questa domanda, basta determinare il numero delle vibrazioni della corda per il suono fondamentale e per i successivi suoni armonici. L' esperienza, ripetuta parecchie volte con cura, ci dimostra, che vi esistono dei rapporti semplici fra tutti questi suoni. Difatti supponiamo, che il suono fondamentale faccia per esempio 128 vibrazioni; il secondo armonico, che si ottiene dividendo la corda in due parti, fa allora due volte 128 vibrazioni, ossia 256; il terzo armonico, che si ottiene dividendo la corda in tre parti, fa tre volte 128, ossia 384 vibrazioni; il quarto armonico, che nasce dalla divisione della corda in quattro parti, fa quattro volte 128, ossia 512 vibrazioni, e così di seguito. Per cui chiamando 1 il suono fondamentale, i suoni armonici saranno rappresentati esattamente, riguardo alle loro vibrazioni, dai numeri semplici 2, 3, 4, ecc. E considerando il modo di formazione di questi suoni si arriva alle seguenti due leggi:

Digitized by Google

1.] I suoni armonici crescono, per rapporto al numero delle loro vibrazioni, come i numeri semplici;

2.] il numero delle vibrazioni di una corda è sempre in ragione inversa della sua lunghezza.

Questa seconda legge vale per tutti i casi, anche quando si accorcia una corda in un modo qualunque, la qual cosa si fa sul sonometro in modo molto semplice. Oltre ai due cavalletti fissi, sui quali la corda riposa, vi è un terzo cavalletto mobile, destinato appunto ad accorciare la corda a volontà. Una scala in centimetri e millimetri permette di misurare la lunghezza utile della corda in ciascun caso. Il sonometro così costruito ci offre il mezzo più semplice e più breve, per determinare il numero delle vibrazioni di un suono. Ecco come si opera in tale caso. Si tende la corda del sonometro in modo, che vibrando in tutta la sua lunghezza di un metro, essa dia un suono determinato e sempre lo stesso, per esempio, di 128 vibrazioni. Quando la corda è così accordata, il sonometro è in istato di funzionare immediatamente. Difatti, ove si tratti di conoscere il numero delle vibrazioni di un determinato suono, facendo scorrere il cavalletto e accorciando la corda, si riproduce esattamente quel suono, e la divisione posta sotto la corda ci dà la sua nuova lunghezza. Supponiamo che questa sia, per esempio, uguale a 432 millimetri; siccome il numero delle vibrazioni è in ragione inversa della lunghezza della corda, avremo la seguente proporzione:

$$432 : 1000 = 128 : x$$

da cui si ha $x = \frac{128 \times 1000}{432} = 296.$

Quel suono fa dunque 296 vibrazioni al secondo.

Digitized by Google

Questo metodo di determinare il numero delle vibrazioni è il più semplice di tutti; esso è suscettibile di sufficiente esattezza e può adoperarsi, una volta che la legge delle vibrazioni delle corde si trovi stabilita.

Digitized by Google

V.ª CONFERENZA

1. Suoni musicali. — 2. Legge dei rapporti semplici. — 3. Unisono, interferenze. — 4. Battimenti. — 5. Loro spiegazione. — 6. Suoni di combinazione. — 7. Ottava e altri suoni armonici. — 8. Accordi consonanti e loro limite. — 9. Quinta, quarta, sesta e terza maggiore, terza e sesta minore. — 10. Il settimo armonico.

1. Nella precedente conferenza abbiamo trovato, che non tutti i suoni, che esistono nella natura, sono suoni musicali propriamente detti. Affinchè un suono acquisti carattere musicale, bisogna che esso soddisfi alla condizione essenziale, di essere aggradevole all'orecchio. Egli è perciò, che si devono scartare tutti quei suoni, che sono prodotti con istrumenti imperfetti, qualunque sia d'altronde la loro altezza. Si devono poi scartare tutti quelli, che sono o troppo alti o troppo bassi, perchè spiacevoli o insignificanti.

Rimangono cosi i suoni compresi presso a poco fra 27 e 4000 vibrazioni, che formano un intervallo di poco più che sette ottave, entro i quali limiti s' aggira la musica di tutti i paesi e di tutti i popoli.

Ma sarebbe un grave errore il credere, che entro i limiti qui accennati tutti i suoni possano essere adoperati ad arbitrio o a caso. L' esperienza insegna, che ognuno di questi suoni può essere scelto, per eseguire o per in-

Digitized by Google

cominciare un pezzo musicale. Ma una volta scelto tale suono, tutti gli altri che devono seguirlo o accompagnarlo sono limitati, e si muovono in una cerchia molto ristretta. Questo non accade soltanto per la nostra musica moderna, ma vale bensì per la musica di tutti i tempi. Non vi è nessun esempio conosciuto di un sistema musicale, per quanto barbaro sia, in cui la scelta dei suoni fosse lasciata all'arbitrio del compositore o dell'esecutore.

La storia della musica invece ci insegna, che si è cercato sempre di scegliere, fra l'enorme numero dei suoni possibili, un numero infinitamente più ristretto, con certe regole estetiche, in cui l'istinto musicale andava talvolta accompagnato da speculazioni scientifiche più o meno valevoli, con prevalenza or di queste su quello, or di quello su queste.

Esamineremo in seguito i diversi concetti, che istintivamente o razionalmente hanno servito di guida ai varii popoli nello sviluppo storico della musica. Per ora mi voglio soltanto limitare a dire, che per la nostra musica moderna l'arte ha precorsa di gran lunga la scienza, e che questa è venuta soltanto negli ultimi tempi a dare una spiegazione completa e razionale di ciò, che quella con finissimo sentimento estetico aveva operato.

2. Noi possiamo stabilire come uno dei principii fondamentali della nostra musica, che l'orecchio non sopporta suoni, siano essi simultanei o succedanei, che a questa condizione: *che cioè i numeri delle loro vibrazioni stiano fra di loro in rapporti semplici,* vale a dire, in rapporti espressi con cifre semplici.

Vedremo in una successiva conferenza tutta la portata di questo semplice principio, e come, grazie ai grandi

Digitized by Google

lavori di *Helmholtz*, questo abbia acquistato negli ultimi anni, non ostante la grande sua semplicità, un significato ancora più semplice e più largo. Per ora voglio limitarmi a farvi conoscere le conseguenze più importanti di questo principio.

Non è senza una certa esitazione, che tratterò con voi tale questione. Dovrò condurvi attraverso una serie di cifre e con un ragionamento tutto fondato su cifre. È una via alquanto ardua e spinosa, che vi propongo di percorrere. Ma spero che vi troverete nel caso del viaggiatore, che animosamente sale le ripide e scoscese falde di una montagna, per godere alla fine di un grandioso e vasto panorama. Così spero anch' io di dimostrarvi, che in cima di questi ragionamenti si apre un' orizzonte estesissimo, nel quale trovasi la sintesi di una delle grandi creazioni della fantasia, creazione che costituisce per sè una brillantissima pagina nella storia della coltura umana.

3. Il rapporto più semplice, che possiamo immaginare per due suoni, è quello in cui tutti e due sono rappresentati da ugual numero di vibrazioni. Noi diciamo allora, che essi sono all' *unisono*. Se si fanno suonare successivamente, essi non formano che un suono solo più prolungato; se suonano simultaneamente, essi non dànno che un suono d' intensità doppia. Accade talvolta che due suoni uguali, invece di sommarsi a vicenda, si affievoliscano nei loro effetti. Casi di questo genere si chiamano *interferenze*. Essi avvengono talvolta, quando le vibrazioni dell' uno e dell' altro suono si fanno in contrattempo, vale a dire, quando il corpo vibrante del primo suono fa un movimento in una data direzione, mentre l'altro fa precisamente il movimento contrario. Si com-

Digitized by Google

prende che movimenti vibratorii in tal modo contrarii, sovrapponendosi nell' aria in cui si propagano, debbano distruggersi nei loro effetti; perchè una particella dell'aria, che dovrebbe muoversi nell' istesso tempo e colla stessa forza in due direzioni contrarie, non potendo seguire nè l'una nè l'altra direzione, rimane ferma.

L'apparecchio [fig. 24] ci permette di produrre interfe-

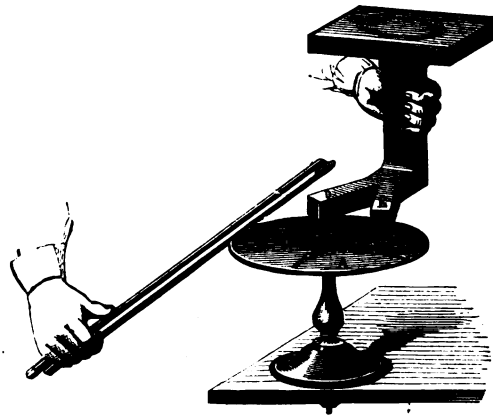


Fig. 24.

renze a volontà. Esso si compone di una lamina vibrante, in cui si forma una figura di Chladni colle concamerazioni vibranti A, B, A′, B′. Le vibrazioni in due concamerazioni vicine, p. e. in A′ e B′ sono contrarie, ossia in contrattempo, per cui quando le particelle in A′ si abbassano, s'innalzano quelle in B′ e viceversa; esse sono uguali in due opposte come in A e A′. DCE è una canna biforcata, la quale per se dà il medesimo suono della lamina, ed è chiusa in alto da una membrana di carta, destinata ad indicare le vibrazioni nella canna.

Digitized by Google

Ciò posto, faccio vibrare la lamina; l'arena m'indica subito il modo come vibra. Pongo, ma senza toccar la lamina, le braccia della canna D e E sopra due punti, come A e A′, che hanno movimento uguale. L'arena della membrana saltella e si dispone in modo regolare; ciò significa che l'aria nelle canne vibra, perchè le vibrazioni di A e A′ si sommano nei loro effetti. Pongo ora le braccia sopra due punti A′, B′ a movimento opposto; l'effetto è nullo, l'arena non saltella più.

Da tutto ciò possiamo dunque concludere, che *quando due movimenti vibratorii uguali e simultanei si sovrappongono, essi si sommano; che all'incontro essi si distruggono nei loro effetti, quando sono uguali e contrarii.*

4. Interessante è la questione di sapere cosa accada, quando si producono simultaneamente due suoni, i quali sono press'a poco, ma non interamente uguali, e non hanno quindi perfettamente il medesimo numero di vibrazioni. Succede allòra un fenomeno nuovo, conosciuto col nome di *battimenti.*

Voglio innanzi tutto mostrarvi, cosa siano questi battimenti. Prendo due canne d'organo molto grandi, uguali fra di loro, e che mi dànno due suoni gravi, robusti e perfettamente uguali. Le colloco sul mantice e metto in azione prima l'una, poi l'altra. I suoni sono realmente uguali. Facendo suonare le due canne nell'istesso tempo, ottengo di nuovo il medesimo suono con un'intensità doppia e null'altro.

Ma le canne sono fatte in modo, che io posso facilmente alzare un poco il suono dell'una o dell'altra. A tale scopo si trova in una delle pareti in alto della canna una apertura, chiusa da una tavoletta mobile. Abbassando più o

Digitized by Google

meno la tavoletta, apro più o meno l'apertura della canna, ed ottengo con ciò un' effetto paragonabile a quello, che si ha accorciando la canna. Il suono si alza leggiermente, e col mezzo della tavoletta mobile posso regolare il suono a volontà.

Ciò posto, alzo leggiermente il suono in una delle due canne. La differenza fra il suono dell' una e dell' altra è così piccola, che anche un' orecchio esercitato non la potrebbe facilmente discernere per suoni così bassi. Ma se faccio risuonare le due canne insieme, si ha un suono d'intensità oscillante, ora forte, ora debole, e sentiamo dei sussulti o degli urti molto marcati. Questi urti sono appunto i battimenti. Voi avrete rimarcato, che in questo caso i battimenti erano molto lenti. Ve ne era forse uno uno al secondo. Questo proviene da ciò, che i suoni delle due canne sono pochissimo diversi fra di loro. Se invece li rendo più diversi, alzando di più il suono della prima canna, i battimenti diventano più frequenti. Pôsso fare in modo da averne 2, 3, 4, 5, 10 al secondo. In quest' ultimo caso riesce difficile il contarli. Ma si odono distintamente, e pare che ciò accada pure quando sono in numero di 20 e anche di 25 al secondo. Più in là l'orecchio non può più distinguerli.

Battimenti di questo genere sono molto frequenti. Negli istrumenti a suoni fissi e robusti, come per esempio nell'organo, si odono spesso. Essi sono un segno sicuro, che l'istrumento non è accordato bene, ed offrono un mezzo molto semplice e molto esatto, per portare all' unisono due suoni poco diversi fra di loro. Basta a ciò accordare, fino a tanto che cessino i battimenti.

Nel suono delle campane il fenomeno dei battimenti è

Digitized by Google

frequentissimo. Difatti, non è possibile fondere una grande campana in modo, che essa presenti in tutti i punti una perfetta omogeneità ed una densità ed elasticità sempre uguale. La campana si divide quindi facilmente in due parti non perfettamente uguali, le quali vibrano un po' diversamente e generano così i battimenti.

5. Si può facilmente rendersi ragione del come si producono i battimenti. Supponiamo due suoni, che facciano esattamente il medesimo numero di vibrazioni. Salvo qualche caso speciale d'interferenza, che qui non vogliamo contemplare, le vibrazioni dei due corpi si sovrappongono nei loro effetti, e producono un suono di un'intensità doppia. Ma se i due suoni non sono perfettamente della stessa altezza, il fenomeno è più complicato. Supponiamo per esempio, che il primo suono faccia cento, il secondo cento e una vibrazione al secondo.

Se li facciamo suonare insieme, le prime vibrazioni saranno quasi uguali nell'uno e nell'altro, si sommeranno nei loro effetti e produrranno un suono più forte. Ma alla cinquantesima vibrazione del primo corrispondono cinquanta e mezza vibrazione del secondo. Ora, siccome in una vibrazione si ha sempre una metà, in cui il corpo vibrante si muove in una data direzione, e l'altra metà, in cui esso si muove in direzione contraria, ne segue che per la cinquantesima vibrazione del primo e per la corrispondente cinquantesima e mezza vibrazione del secondo suono i movimenti saranno contrarii, e si avrà quindi un suono sensibilmente nullo od almeno notevolmente affievolito. Alla centesima vibrazione del primo corrisponde la centounesima vibrazione del secondo e quindi gli effetti si dovranno di nuovo sommare, e così di seguito. Si vede

Digitized by Google

dunque, che per ogni differenza di una vibrazione si dovrà avere un rinforzo e un' affievolimento del suono, vale a dire un battimento al secondo. Se abbiamo quindi due suoni, i quali differiscano di 2, 3, 4, 5, 10 vibrazioni al secondo, noi dovremo avere 2, 3, 4, 5, 10 battimenti al secondo; e il numero dei battimenti, molto facile a osservarsi, ci dà una misura precisa della differenza nel numero delle vibrazioni dei due suoni. Questo è un mezzo pratico molto sicuro per determinazioni di tal genere, perchè esso ci rende indipendenti, per così dire, dal nostro orecchio o perchè almeno non richiede un orecchio molto fine.

Il fenomeno dei battimenti avviene non solamente, quando due suoni sono quasi all'unisono, ma bensì anche quando questi suoni stanno, riguardo al numero delle vibrazioni, non esattamente ma quasi, in un'altro rapporto semplice. Supponiamo per esempio, che il numero delle loro vibrazioni stia come 1 : 2. Se il rapporto è esatto, non si hanno battimenti; se invece il rapporto non è esatto, si hanno subito battimenti. Per persuadervene, prendo due canne che dànno il suono fondamentale e l'ottava, e che posso leggiermente alterare a volontà. Esse sono ora accordate bene; se le faccio suonare insieme, non mi dànno battimenti e l'accordo è aggradevole: quasi una nota sola, più chiara e più piena. Ma per poco che si alteri uno dei due suoni, voi sentite comparir subito battimenti spiacevoli, che guastano l'accordo. È cosa facile, con un ragionamento analogo al precedente, di rendersi ragione di tal fenomeno. Mi limiterò quindi a concludere, che i battimenti sono il mezzo più semplice e più sicuro per costatare, che due suoni non sono accordati fra di loro in modo, che le loro vibrazioni siano rappresentate da rapporti semplici. Ora sic-

Digitized by Google

come i rapporti semplici sono una condizione necessaria per avere degli accordi aggradevoli all'orecchio, ne segue che la presenza dei battimenti è una prova sicura, che gli istrumenti non sono bene accordati.

6. In stretta relazione col fenomeno dei battimenti, e come conseguenza necessaria della combinazione di due suoni, stanno quei suoni, la cui scoperta, fatta nella metà del secolo passato, viene generalmente attribuita al celebre violinista *Tartini*, ed ai quali si suole dare il nome di *suoni di combinazione*, od anche di suoni di differenza. La teoria di questi suoni non è facile a darsi. Finora si diceva, che quando i battimenti diventano frequentisssimi, in modo da esservi più di 16 al secondo, essi generano per conto loro un suono molto grave, che è precisamente il suono di combinazione. Supponiamo difatti, che si abbiano due suoni, uno dei quali faccia cento, l'altro centoventicinque vibrazioni al secondo. Essi devono dare 25 battimenti, i quali generano un suono di 25 vibrazioni. Si hanno così tre suoni, cioè i due suoni primitivi di 100 e di 125, ed il suono di combinazione di 25 vibrazioni.

Ma questa spiegazione, per quanto appaja semplice, e per quanto corrisponda al risultato finale, dà luogo ad alcune serie obbiezioni, sulle quali mi sarebbe impossibile insistere più oltre. La vera teoria dei suoni di combinazione non può essere data, che col mezzo del calcolo. Mi voglio quindi limitare a dirvi, che i suoni di combinazione sono veri suoni di differenza, in questo senso, che il numero delle loro vibrazioni corrisponde realmente alla differenza delle vibrazioni dei due suoni combinati insieme. Così, nell'esempio qui sopra citato, quando si combinano insieme due suoni, uno di 100, l'altro di 125 vibrazioni, si

Digitized by Google

ottiene un suono di combinazione, il quale corrisponde realmente a 25 vibrazioni al secondo.

Voglio con un'esperienza farvi conoscere questi suoni di combinazione. Prendo due canne d' organo una delle quali fa 200, l'altra 250 vibrazioni. Esse mi dànno un accordo, che è rappresentato dal rapporto $\frac{5}{4}$ e che, come vedremo in seguito, si chiama nella musica pratica il rapporto della *terza maggiore*. Ma quando suonano insieme, oltre a questi due suoni, si sente molto nettamente un suono basso, il quale corrisponde a 50 vibrazioni al secondo, numero che è la quarta parte di 200, ossia la metà della metà. Noi vedremo più tardi, che la metà significa l'ottava bassa di un suono, e quindi la metà della metà la seconda ottava bassa del medesimo suono. Ne segue, che il suono di combinazione qui formato deve essere la seconda ottava bassa del suono di 200 vibrazioni, il che, con qualche attenzione, si trova essere conforme al vero.

I suoni di combinazione avvengono sempre, ogni qual volta noi combiniamo insieme due suoni diversi; ed abbiamo ora una regola molto semplice per determinarli: *il numero delle vibrazioni del suono di combinazione è sempre uguale alla differenza nel numero delle vibrazioni dei suoni combinati.* Ora, siccome nella teoria del suono importa assai più di conoscere i rapporti fra i diversi suoni, anzichè il numero assoluto delle loro vibrazioni, si esprimono i diversi suoni con cifre semplici; in tal caso anche il suono di combinazione sarà espresso con cifre semplici.

Così nell'esempio sopra citato si potrà dire, che abbiamo combinato insieme i suoni 4 e 5, perchè il rapporto è lo stesso, come se si dicesse 200 e 250. Il suono di combinazione è allora rappresentato dalla differenza 1.

Digitized by Google

I suoni di combinazione hanno una grande importanza per la teoria della musica, come mi propongo di dimostrarvi ancora in questa conferenza. Siccome essi sono talvolta molto forti, bisogna tenerne conto, come pure dei loro rapporti cogli altri suoni. Se dunque noi combiniamo insieme parecchi suoni, non basta ricercare se questi dànno per sè un'accordo aggradevole. Bisogna esaminare ancora i suoni di combinazione, e vedere come si comportino questi in rapporto ai suoni combinati.

Voglio aggiungere a ciò, che i suoni di combinazione sono veri suoni che esistono realmente. Ne segue, che essi possono combinarsi fra di loro, e produrre nuovi suoni di combinazione, i quali si chiamano suoni di combinazione di second'ordine. Si hanno così anche i suoni di combinazione di terzo, di quarto ordine ecc. Ma siccome questi sono molto deboli, in modo che anche un'orecchio esercitatissimo non riesce più a distinguerli, non vale la pena di tenerne conto nella massima parte dei casi.

7. Dopo l'unisono il rapporto più semplice, che possiamo immaginare, è quello di 1 : 2. Questo è il rapporto cosidetto dell'*ottava*. Noi chiamiamo ottava del suono fondamentale quel suono, il quale fa un numero di vibrazioni doppio del primo. Raddoppiare il numero delle vibrazioni significa portare un suono alla sua ottava e viceversa. Così pure ridurre il numero delle vibrazioni a metà significa scendere all'ottava bassa. L'ottava dell'ottava è rappresentata da un numero quadruplo, la terza ottava da un numero otto volte maggiore di vibrazioni; la seconda, la terza ecc. ottava bassa sono espresse da $\frac{1}{4}$, da $\frac{1}{8}$ ecc. delle vibrazioni del suono fondamentale.

Digitized by Google

L'accordo dell'ottava col suono fondamentale è molto consonante. Quando i due suoni sono perfettamente accordati, il che si riconosce dalla mancanza assoluta di battimenti, l'orecchio non distingue due suoni. Si sente, per così dire, un suono solo, aperto e chiaro, col timbro alquanto modificato. I Greci, che non adoperavano nella loro musica l'armonia propriamente detta, ammettevano tuttavia il canto in ottava; il che si comprende facilmente, quando si consideri che la voce delle donne e dei ragazzi è di un'ottava più alta di quella degli uomini adulti; per cui un coro, cantato da tutti insieme, doveva risultare necessariamente come accompagnato in ottava. Il suono di combinazione prodotto dalla concomitanza dei suoni 1 e 2 è di nuovo 1, il che significa, che nell'accordo del suono fondamentale e dell'ottava il suono di combinazione va a rinforzare il suono fondamentale.

Altri rapporti semplici sono forniti dal suono fondamentale 1, unito ad uno dei suoni della serie armonica 2, 3, 4, 5, ecc. Il suono 2 rappresenta, come abbiamo visto, l'ottava; il suono 3 è la *duodicesima* o come si può anche dire, *la quinta dell'ottava,* per ragioni che vedremo in seguito; il suono 4 è l'ottava dell'ottava ecc.

Tutti questi suoni formano col suono fondamentale accordi aggradevoli. Il loro solo difetto, musicalmente parlando, sta in ciò che essi sono molto distanti dal suono fondamentale. Tuttavia tali accordi sono bensì vuoti, ma non spiacevoli, e si adoperano spesso sul violino e sugli altri istrumenti ad arco. Il carattere fondamentale di questi accordi sta in ciò, che i suoni di combinazione, che ne risultano, appartengono anch' essi alle serie armonica. Così per esempio, il suono di combinazione fra 1 e 3 è 2;

Digitized by Google

quello fra 1 e 4 è 3, e così di seguito; e i suoni di combinazione d'ordine superiore vengono in ultima analisi a rinforzare il suono fondamentale.

8. Ma la musica sarebbe estremamente povera, ove volesse limitarsi a questi pochi suoni, d'altronde i più naturali. Certi istrumenti d'ottone non dispongono realmente d'altri suoni, come per esempio le trombe primitive senza chiavi. Le melodie suonate da simili istrumenti sono assai ristrette e monotone. La musica pratica ha dovuto quindi andare più in là e cercare, se non vi siano rapporti, se anche più complicati dei primi pur sempre abbastanza semplici, da poter essere accettati. Ora egli è naturale e segue dal principio, che ho posto a capo di questa conferenza, che quanto più i rapporti si complicano, tanto meno perfetti riescono gli accordi. L'introduzione di accordi più e più complicati si è fatta quindi lentamente e successivamente nella musica. Dobbiamo considerare questo come un progresso, nel senso di vedere con ciò aumentate le risorse musicali; ma è un progresso fatto a spese della purezza primitiva.

Vogliamo partire quindi da questo principio e vedere quanto sia stato fin'ora operato, e fin dove si possa ragionevolmente andare. Ma queste sole parole bastano, per servire di appoggio all'opinione di quelli, i quali sostengono che la musica non è il portato di principii estetici assoluti, ma che è bensì la conseguenza di un'educazione musicale successiva, educazione le di cui prime mosse dipendono evidemente dalle aspirazioni estetiche di ciascun popolo, e dallo stato della sua coltura. Difatti la storia c'insegna, che tutte le ardite innovazioni musicali ebbero a soffrire grandissimi contrasti; ed è comodo, ma non conforme a

Digitized by Google

verità, il voler spiegare tali resistenze unicamente con rancori o con invidie personali. La vera ragione stà in ciò, che non vi esiste un'espressione matematica per definire con criterio sicuro, quando un rapporto sia o cessi di essere semplice; ed è ugualmente difficile lo stabilire quando un suono cessi di essere aggradevole. Vi è soltanto il più o il meno semplice, il più o il meno complicato, il più o il meno aggradevole, e dipende dall'abitudine dell'orecchio l'ammettere fin dove esso voglia seguire l'ardito novatore. In verità, certi accordi, che oggidì ci paiono perfettamente ammissibili, non erano considerati tali nei secoli passati e specialmente nei primordii della musica.

9. Il salto dal suono fondamentale 1 alla sua ottava 2 è molto grande e deve indurci ad esaminare, se in questo intervallo non si possano intercalare altri suoni. Lo studio della serie armonica ci offre in ciò un buon precedente. Difatti, noi abbiamo visto che i rapporti 1 : 2, 1 : 3, 1 : 4, ecc. sono consonanti. Si può quindi chiedersi se i rapporti che ne risultano, quando prendiamo per punto di partenza un altro suono della serie armonica, cioè 2 : 3, 2 : 4, 3 : 4, non siano pure consonanti. Il che significa in altri termini, se i suoni della serie armonica siano consonanti non solamente col suono fondamentale, ma anche fra di loro.

Noi possiamo porre questa questione anche in un modo diverso. Dato che l'intervallo fra 1 e 2 possa o debba colmarsi con altri suoni, si domanda quali siano questi suoni, che presentino i rapporti più semplici possibili? È evidente, che tali suoni si dovranno esprimere colle cifre

$$1\ ^1/_2,\ 1\ ^1/_3,\ 1\ ^2/_3,\ 1\ ^1/_4,\ 1\ ^3/_4 \text{ ecc.}$$

ossia coi rapporti

$$\frac{3}{2},\ \frac{4}{3},\ \frac{5}{3},\ \frac{5}{4},\ \frac{7}{4} \text{ ecc.}$$

Digitized by Google

Il suono più semplice è qui $\frac{3}{2}$, il quale corrisponde al rapporto 2 : 3. Esso significa, che il nuovo suono fa tre vibrazioni nell'istesso tempo, in cui il suono fondamentale ne fa due, e rappresenta pure l'accordo del secondo e del terzo armonico. Questo rapporto fu riconosciuto come consonante fin dagli antichi Greci, i quali anzi ne fecero con esagerazione scientifica il punto di partenza della loro musica e della formazione della scala musicale.

È il così detto accordo della *quinta*. Prendiamo l'accordo 2 : 3; il suo suono di combinazione è 1, vale a dire, l'ottava bassa del suono fondamentale, visto che quest'ultimo è uguale a 2. Questo suono di combinazione contribuisce notevolmente a migliorare l'accordo della quinta.

Un'altro rapporto semplice è quello di $\frac{4}{3}$, che si può scrivere anche 3 : 4. Anche questo rapporto era conosciuto e ammesso dagli antichi Greci. Esso è in certo qual modo la conseguenza della quinta e può derivarsi da questa. Difatti supponiamo, che il suono fondamentale sia 1, la sua quinta bassa è evidentemente $\frac{2}{3}$, e l'ottava di questa si ottiene raddoppiandone il valore: si ha quindi $\frac{4}{3}$. Questo rapporto si chiama in musica la *quarta*, per cui la quarta viene ad essere l'ottava della quinta bassa del suono fondamentale. Nella serie armonica essa rappresenta l'accordo del terzo e del quarto armonico. Scrivendo il rapporto 3 : 4, si vede che il suono di combinazione è 1, il quale non corrisponde a nessuna ottava bassa del suono fondamentale, ma è invece la seconda ottava bassa del suono 4, vale a dire della quarta stessa.

Digitized by Google

L'accordo del suono fondamentale colla quarta presenta dunque questo carattere alquanto strano, che il suono di combinazione, che ne risulta, non rinforza il suono fondamentale, ma bensì la quarta, e dà a questa un'importanza in certo qual modo prevalente sul suono fondamentale.

Un altro rapporto abbastanza semplice è quello espresso da $\frac{5}{3}$. Esso corrisponde alla *sesta maggiore* in musica. Questo rapporto era sconosciuto ai Greci. Esso è in verità anche più complicato dei precedenti, ed ha richiesto molto tempo, prima di essere adottato. Difatti esso presenta questo carattere fin qui nuovo, che il suono di combinazione non rinforza nè l'uno nè l'altro dei due suoni, ma è invece un suono nuovo. Scrivendo il rapporto 3 : 5, si ha per suono di combinazione 2, il quale è la quinta bassa del suono fondamentale 3.

Un'altro rapporto importante è quello fornito dal quarto e quinto armonico ed espresso da $\frac{5}{4}$, ossia da 4 : 5; esso si chiama la *terza maggiore*. Scritto nel secondo modo, esso ci dà per suono di combinazione 1, vale a dire, la seconda ottava bassa del suono fondamentale 4. È un rapporto molto importante, sconosciuto dagli antichi Greci ed introdotto nella musica moderna nel quindicesimo e sedicesimo secolo. I Greci avevano invece di quello l'accordo poco diverso, ma apertamente dissonante $\frac{81}{64}$, formato dal suono fondamentale 1 per quattro quinte successive:

$$1, \frac{3}{2}, \frac{3}{2} \times \frac{3}{2} = \frac{9}{4}, \frac{3}{2} \times \frac{3}{2} \times \frac{3}{2} = \frac{27}{8}$$

$$\frac{3}{2} \times \frac{3}{2} \times \frac{3}{2} \times \frac{3}{2} = \frac{81}{16}.$$

Digitized by Google

Questo suono, abbassato di due ottave, onde ravvicinarlo al suono 1 e mantenerlo nella stessa ottava, diventa $\frac{81}{64}$, che è appunto la terza greca, chiamata anche *pitagorica*, dal nome del suo inventore.

Si può dire senza esagerazione, che l'aver sostituita a questa la terza consonante ed armonica $\frac{5}{4}$, costituisce il progresso più notevole e più decisivo della nostra scala in confronto colla greca. La terza $\frac{5}{4}$ rientra nella categoria degli accordi consonanti anche per la considerazione, che il suono di combinazione essendo la seconda ottava bassa, rinforza il suono fondamentale.

Un'altro accordo, che fu introdotto nella musica, è quello della *terza minore*. Esso è espresso dal rapporto $\frac{6}{5}$ o anche da 5 : 6. Non fu adottato che nel diciasettesimo secolo con molte riserve, assieme all' accordo di sesta, dal quale può essere derivato facilmente. Difatti esso non è che l'ottava della sesta rovesciata. Ancora nella metà del secolo passato, perfino nelle composizioni di Mozart, questo accordo fu considerato come imperfetto, e lo si evitava possibilmente come accordo finale di un pezzo. Il suono di combinazione è molto basso e non rinforza nè l'uno, nè l'altro suono dell' accordo. Scrivendo quest' ultimo 5 : 6, il suono di combinazione è 1, ed è, per rapporto al suono 6 dell'accordo, la seconda ottava bassa della sua quinta. Tale suono è molto basso e non stuona coi suoni 5 e 6. Ma nelle combinazioni ulteriori, alle quali l'accordo di terza minore va soggetto, il suono di combi-

Digitized by Google

nazione, come vedremo in seguito, diventa apertamente dissonante.

Un ultimo accordo, che oggidì consideriamo ancora come consonante, quantunque imperfettamente, è quello della *sesta minore* $\frac{8}{5}$, od anche 5 : 8. Fu con quello della terza minore l'ultimo ad essere adottato. Il suono di combinazione è 3, vale a dire la sesta maggiore bassa del suono fondamentale 5, suono nuovo che per se non stuona, ma lo fa invece negli accordi più completi, a cui la sesta minore dà luogo.

10. Con questo accordo della sesta minore noi ci troviamo già evidentemente sul limite dei suoni dissonanti. Si può tuttavia chiedersi, se non fosse possibile di spingersi ancora più in là, per arricchire la musica di altri accordi passabilmente consonanti. È questa una questione di alta estetica musicale, questione che è stata agitata negli ultimi tempi, e che meriterebbe anche per parte nostra uno studio più approfondito. Tuttavia non posso risolvermi ad abordare tale delicatissima materia. Per trattarla convenientemente dovrei entrare in una serie di minutissimi dettagli, e considerare gli accordi anche nei loro rapporti con tre o quattro suoni diversi. Tale studio ci porterebbe molto al di là dei limiti, che qui mi sono proposto di mantenere. Voglio soltanto osservare che, per allargare il campo musicale in questo senso, converrebbe ricorrere al settimo armonico e considerare i rapporti $\frac{7}{4}$, $\frac{7}{5}$, $\frac{7}{6}$, $\frac{8}{7}$ ecc. nei quali questo settimo armonico ha un'importanza decisiva. Alcuni di questi rapporti, come $\frac{7}{4}$, $\frac{7}{6}$, $\frac{8}{7}$ sono per noi francamente

Digitized by Google

dissonanti. I loro suoni di combinazione lo sono pure, o sono molto distanti e quindi insignificanti, e non credo che le generazioni future vogliano abituarsi a giudicarli diversamente. Lo stesso non può dirsi a priori dell'accordo $\frac{7}{5}$, ma è un fenomeno abbastanza strano di vedere, come il settimo armonico sia interamente bandito dalla musica anche come suono dissonante, non ostante che si adoperino a tale titolo rapporti molto più complicati di quello e quindi molto più dissonanti, come p. e. $\frac{9}{8}$, $\frac{10}{9}$ ecc., dei quali vi parlerò in seguito. Per l'orecchio abituato alla nostra musica, tal qual è, il settimo armonico può comparire come suono spiacevole, ma un'esame spregiudicato, secondo il parere di alcuni, parere al quale io mi associo pienamente, ci dimostra che esso è più strano che spiacevole; che in certi casi speciali esso può fornire accordi dissonanti e accordi di passaggio molto buoni, e che la stranezza viene piuttosto dal nostro difetto d'abitudine, anzichè dalla sua propria natura.

Tuttavia non ci deve sorprendere, che questo suono sia così stato messo al bando dalla musica pratica. La ragione sta, scientificamente parlando, nel numero 7, il quale non è più abbastanza piccolo per un'accordo consonante, ed essendo grande, ha il torto di essere un numero primo. Siccome negli accordi anche dissonanti importa moltissimo di non andare troppo in là colle cifre, numeri più grandi del 7, ma divisibili per 2, per 3, per 4, o per 5, si trovano in grande vantaggio numerico su di lui [1]. Ed è questa

[1] Già Eulero aveva rimarcato l'importanza dei numeri 2, 3, e 5, ed aveva su di essi stabilita una regola per lo sviluppo del nostro sistema musicale.

Digitized by Google

la ragione vera e principale, per la quale non se ne fà alcun uso nella musica.

Non vorrei certamente spingermi troppo innanzi, e indovinare ciò che sarà nell'avvenire; voglio però osservare, che l'introduzione sistematica del settimo armonico nella musica produrrebbe per questa una rivoluzione profondissima e quasi incalcolabile; rivoluzione che non mi parrebbe giustificata, imperocchè al grandioso nostro sistema musicale si verrebbe a sostituire un' altro forse pure grandioso, ma certamente non migliore e probabilmente peggiore, e in ogni caso più artificiale. Questo non esclude però la possibilità, che al settimo armonico venga forse assegnata una parte secondaria nel sistema musicale.

Per certi accordi, per esempio, di settima diminuita, accordi dissonanti, esso si presta bene e potrebbe anche sostituir talvolta con vantaggio quelli finora usati.

Checchè ne sia di ciò, è certo che per noi il settimo armonico rappresenta una grande linea di separazione tra gli accordi consonanti ed i dissonanti. Al di sotto di lui sta la consonanza, al di sopra la dissonanza, e fra queste vi esiste una grandissima lacuna. Abbiamo così i seguenti accordi nell'intervallo di una ottava:

perfettamente consonanti . . . . . $\frac{3}{2}$, $\frac{4}{3}$

consonanti . . . . . $\frac{5}{3}$, $\frac{5}{4}$

imperfettamente consonanti. . . . . $\frac{6}{5}$, $\frac{8}{5}$

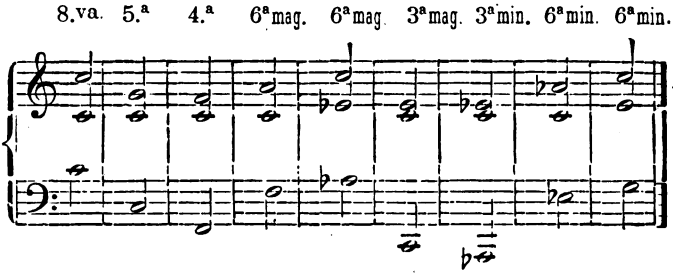
lacuna formata dal settimo armonico . . . .

dissonanti . . . . . $\frac{9}{8}$, $\frac{10}{9}$ ecc.

Digitized by Google

Termino questo ragionamento col rappresentarvi in scrittura musicale gli accordi sopra esaminati, coi suoni di combinazione di primo ordine, che ne risultano. Gli accordi si trovano nella riga superiore in chiave di violino, i suoni di combinazione sulla riga inferiore in chiave di basso.

Questo modo di rappresentare servirà a chiarir meglio le cose sopra esposte.



Digitized by Google

VI.ª CONFERENZA

1. Doppia sirena di Helmholtz. — 2. Legge dei rapporti semplici applicata a tre e più suoni. — 3. Accordo perfetto maggiore e minore, loro carattere. — 4. Rovesciamento degli accordi.

1. Le leggi svolte nella precedente conferenza si possono dimostrare col mezzo d'una sirena costruita da Helmholtz, che porta il nome di *sirena doppia* [fig. 25 pag. seg.]. Essa è composta di due sirene complete a_0 e a_1 poste l'una sull'altra, in modo che i dischi giranti dell'una e dell'altra siano rivolti dallo stesso lato. Questi sono attaccati al medesimo albero k e girano quindi insieme colla stessa velocità. Fra mezzo ad essi trovasi il solito contatore in k [non rappresentato nella figura] destinato a misurare il numero dei giri, ove occorrano misurazioni assolute. Ciascun disco porta quattro cerchi concentrici di fori, secondo un'idea già attuata da *Dove;* e col mezzo di quattro bottoni i si possono mettere in azione o l'uno o l'altro, od anche tutti i cerchi di fori simultaneamente. Si hanno così in fondo otto suoni disponibili, che si possono produrre a volontà. Una forte corrente d'aria, che si può far entrare nell'una e nell'altra sirena in g_0 o in g_1 provoca, come nella sirena semplice, la rotazione dei dischi e la formazione dei suoni.

Nel disco superiore i cerchi portano successivamente

Digitized by Google

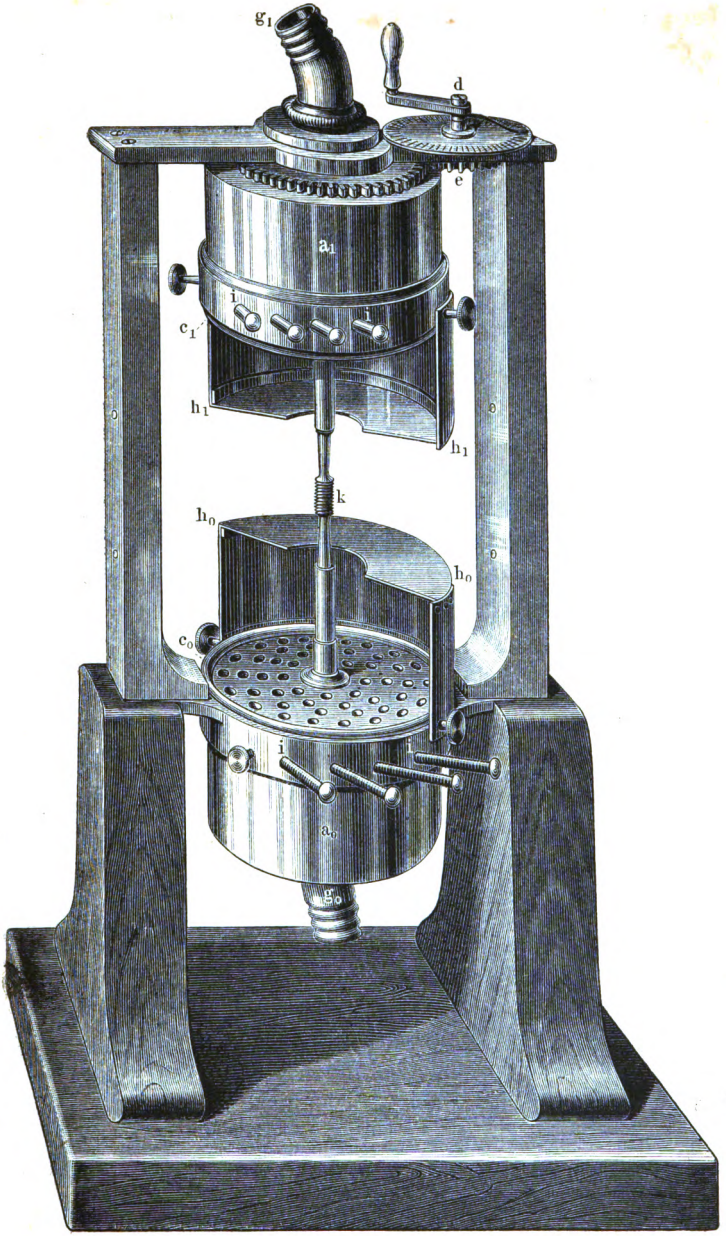


Fig. 25.

Digitized by Google

9, 12, 15, 16, nel disco inferiore 8, 10, 12, 18 fori. Si hanno così molte combinazioni possibili di suoni, le vibrazioni dei quali stanno in rapporto semplice fra di loro.

I dischi giranti sono poi coperti colle scatole cilindriche h_0 h_0 e h_1 h_1, che servono a rinforzare ed a rendere più netti i suoni prodotti.

Per lo studio dei battimenti vi è la possibilità, di alterare leggiermente questi rapporti. Difatti, la scatola della sirena superiore può essere girata indipendentemente dal movimento rotatorio dei dischi. S' ottiene ciò col mezzo di una manivella *d*, la quale fa girare la ruota dentata *e*, che ingrana in quella della sirena superiore ed è regolata in modo, che per ogni tre giri si abbia un movimento intero di rotazione della sirena medesima. Sotto alla manivella trovasi un cerchio graduato diviso, in sedici parti, per cui ogni divisione corrisponde a $\frac{1}{48}$ di un giro completo della sirena. Ora, quando si fa girare la sirena, essa segue i fori del disco girante, oppure si muove contro ad essi secondo il senso della rotazione.

L'effetto nel primo caso è di abbassare alquanto il suono, nel secondo d' innalzarlo. La ragione sta in ciò, che il suono dipende dal numero degli sbuffi d'aria, che avvengono ogni qualvolta i fori del disco girante si sovrappongono ai fori della sirena; questi sbuffi saranno quindi in numero maggiore o minore, secondo che alla sirena si farà fare un movimento in senso sfavorevole o favorevole. Col mezzo di questa doppia sirena si possono fare delle esperienze svariatissime. Voglio riprodurvi le più importanti, e quelle che qui più ci interessano. Metto in azione i dodici fori della sirena superiore e dell' inferiore. Ottengo

Digitized by Google

così due suoni identici. Essi si sommano nei loro effetti e mi dànno quindi un suono rinforzato, quando le due sirene sono poste in modo, che gli sbuffi dell'una e dell'altra si facciano in giusto tempo.

All'incontro, essi si affievoliscono a vicenda, quando le due sirene sono poste in modo, che gli sbuffi dell'una e dell'altra si facciano in contrattempo. Se giro lentamente e regolarmente la manivella *d*, i suoni ora si rinforzano, ora si affievoliscono; ottengo così i battimenti, i quali sono in numero tale da corrispondere alla differenza nel numero delle vibrazioni delle due sirene.

Mantengo in azione i dodici fori dell'uno e dell'altro disco. Carico più il mantice, la sirena gira più presto; i due suoni si alzano, ma rimangono sempre all'unisono, il che mi dimostra che l'unisono è indipendente dal numero assoluto delle vibrazioni.

Metto ora in azione i fori 8 e 16; ottengo un suono e la sua ottava, visto che le vibrazioni stanno come 1 : 2. Voi sentite che l'ottava è perfetta, e che rimane tale, anche quando carico il mantice e aumento a volontà la velocità di rotazione dei dischi. I due suoni mutano, ma il loro rapporto rimane lo stesso. Qualunque sia il suono fondamentale, l'ottava fa dunque sempre un numero doppio di vibrazioni. Se voglio ottenere dei battimenti, non ho che a girare la sirena superiore. Il fenomeno che accade è facile a prevedersi ed a spiegarsi.

Il rapporto della quinta può prodursi in modi diversi, combinando i numeri 8 e 12, 10 e 15 o infine 12 e 18, giacchè si ha in tutti tre i casi il rapporto di 2 : 3. Il rapporto della quarta si ottiene coi fori 9 e 12, 12 e 16. Quello della terza maggiore con 8 e 10, 12 e 15, perchè si ha sempre il rapporto di 4 : 5.

Digitized by Google

La sesta maggiore e minore si ha colle combinazioni 9 e 15, 10 e 16.

Finalmente il rapporto della terza minore si ha coi fori 10 e 12, 15 e 18.

Vi sono ancora molte altre combinazioni possibili, ma credo che questi esempi bastino a dimostrarvi il mio assunto. Gli accordi, che si ottengono in tal modo, sono matematicamente esatti, e quindi da preferirsi a quelli ottenuti con altri istrumenti. Si vede chiaramente, che il numero assoluto delle vibrazioni non ha nessuna influenza sugli accordi, purchè i rapporti rimangano sempre gli stessi; il che accade precisamente in questo istrumento, in cui i rapporti sono fissati dal numero dei fori, e il numero assoluto delle vibrazioni dipende inoltre dalla velocità, variabile a volontà, dei dischi giranti. Il suono fondamentale può quindi essere un suono qualunque. Ma una volta sceltone uno a tale ufficio, il numero delle vibrazioni di tutti gli altri suoni è vincolato dai rapporti sopra indicati.

Anche i suoni di combinazione possono essere studiati con questo istrumento. Si arriva così alle leggi, che ho avuto occasione di svolgervi nella precedente conferenza; per cui il suono di combinazione deve definirsi come vero suono di differenza.

2. Passo ora a trattare con voi una questione, la quale è intimamente collegata con quella fin ora studiata. Noi abbiamo fin qui combinato insieme due suoni, ed abbiamo così cercato, in quali condizioni essi ci davano un accordo consonante. Ma la questione può essere generalizzata. Si può chiedersi, se 3, 4 o più suoni possano combinarsi in modo, da produrre un accordo consonante. In tale caso

Digitized by Google

vale la seguente regola, la quale non è nient'altro, che la generalizzazione di quella svolta e illustrata nella conferenza precedente: *affinchè un accordo, prodotto da tre o più suoni, sia consonante, bisogna che i diversi suoni, che lo compongono, stiano riguardo al numero delle loro vibrazioni in un rapporto semplice non solamente col suono fondamentale, ma bensì anche fra di loro.*

Questa regola dimostra che, per produrre un accordo consonante, non basta prendere i rapporti più semplici di ottava, di quinta, di quarta ecc.; ma bisogna inoltre tener presente, che i diversi suoni, che li compongono, siano in rapporti semplici fra di loro. Così, per esempio, un accordo formato dal suono fondamentale, dalla quarta, quinta ed ottava è apertamente dissonante, nonostante che questi suoni siano rappresentati dai rapporti più semplici esistenti:

$$1, \quad \frac{4}{3}, \quad \frac{3}{2}, \quad 2$$

La ragione sta in ciò, che il rapporto fra la quarta e la quinta è troppo complicato ed è quindi dissonante. Difatti tale rapporto è espresso da $\frac{9}{8}$, il quale rapporto non è più compreso fra quelli degli accordi consonanti.

3. In questo riguardo si ottiene un accordo molto migliore, sostituendo alla quarta la terza maggiore, nonostante che questa sia meno semplice di quella. Si hanno così i suoni

$$1, \quad \frac{5}{4}, \quad \frac{3}{2}, \quad 2.$$

dei quali i rapporti sono

$$\frac{5}{4}, \quad \frac{6}{5}, \quad \frac{4}{3},$$

Digitized by Google

rapporti che sono tutti consonanti. L'accordo qui sopra è il più consonante, che esista in musica, ed esso si chiama perciò *l'accordo perfetto ;* gli si aggiunge ancora la parola *maggiore*, perchè in esso vi entra la terza maggiore, e per distinguerlo così dall'*accordo perfetto minore,* il quale differisce dal primo soltanto in ciò, che al luogo della terza maggiore vi è sostituita la terza minore.

L'accordo perfetto maggiore, come già lo dice il suo nome, è l'accordo più consonante che possiamo immaginare. Nella sua forma più semplice esso è composto del suono fondamentale, terza maggiore e quinta, e generalmente si usa aggiungergli ancora l'ottava. Il rapporto dei suoni fra di loro è di una terza maggiore, di una terza minore e di una quarta. I suoni di combinazione, che vi si formano, possono facilmente determinarsi. Difatti, se lo scriviamo colle cifre

$$1, \quad \frac{5}{4}, \quad \frac{3}{2}, \quad 2,$$

si vede che i suoni di combinazione, confrontando ciascun suono con tutti gli altri, sono i seguenti:

$$\frac{1}{4}, \quad \frac{1}{2}, \quad \frac{3}{4}, \quad 1.$$

Il primo rappresenta la seconda ottava bassa del suono fondamentale; il secondo l'ottava bassa del medesimo suono; il terzo l'ottava bassa della quinta, l'ultimo infine il suono fondamentale medesimo. Per cui i suoni di combinazione rinforzano suoni già esistenti, e di preferenza il suono fondamentale; il che contribuisce potentemente a dare all'accordo un carattere fermo, franco e riposato.

L'accordo perfetto minore è in questo riguardo inferiore

Digitized by Google

al primo, quantunque la sua struttura ne sia poco diversa. Difatti, se lo scriviamo nel modo seguente:

$$1, \quad \frac{6}{5}, \quad \frac{3}{2}, \quad 2,$$

vediamo che i rapporti fra i suoni successivi sono

$$\frac{6}{5}, \quad \frac{5}{4}, \quad \frac{4}{3},$$

i quali non differiscono da quelli dell'accordo maggiore, che per l'ordine in cui si seguono. L'accordo perfetto maggiore è composto degli intervalli di terza maggiore, di terza minore e di quarta; mentre l'accordo minore è composto di quelli di terza minore, di terza maggiore e di quarta. La differenza sarebbe in sè molto piccola e non basterebbe a spiegare la grande, fondamentale differenza, che passa fra questi due accordi.

Ma una spiegazione ben più concludente si ritrova nei suoni di combinazione. Per l'accordo perfetto minore essi sono:

$$\frac{1}{5}, \quad \frac{3}{10}, \quad \frac{1}{2}, \quad \frac{4}{5}, \quad 1.$$

Il primo rappresenta la terza maggiore bassa della seconda ottava bassa del suono fondamentale, ed è per l'accordo un suono nuovo, che stuona colla quinta; il secondo è la seconda ottava bassa della terza minore; il terzo è l'ottava bassa del suono fondamentale; il quarto è la terza maggiore bassa del suono fondamentale, vale a dire, la seconda ottava alta del primo suono di combinazione, la quale viene così a rinforzare ancora la disarmonia esistente dell'accordo; l'ultima infine rinforza il suono fondamentale.

Mentre dunque nell'accordo perfetto maggiore tutti i

Digitized by Google

suoni di combinazione rinforzano l'armonia esistente, nell'accordo minore parecchi di essi la turbano. Se questi suoni fossero molto forti, essi basterebbero a rendere l'accordo dissonante. Così, come sono, essi gli imprimono un carattere inquieto e indeciso.

Questi due accordi perfetti, il maggiore ed il minore, formano la chiave di volta del nostro sistema musicale. Essi s'incontrano spesso nelle composizioni, e qualunque siasi pezzo musicale deve chiudersi con l'uno o con l'altro.

Essi sono veramente gli accordi fondamentali ed imprimono alla composizione il proprio carattere. I pezzi fondati sull'accordo perfetto maggiore hanno carattere allegro, brioso, franco, aperto e si adattano quindi bene a situazioni d'animo di tal natura. Quelli all'incontro, che hanno per base l'accordo perfetto minore, sono tristi e malinconici, o per esprimersi più esattamente, sono inquieti e indecisi, e si adattano quindi a situazioni d'animo, in cui l'inquietudine e l'indecisione hanno la parte principale. Come vedete, teoria e pratica sono perfettamente d'accordo nel definire questi due accordi fondamentali. Voglio aggiungere, che anche la storia della musica vi si trova pure d'accordo. Mentre l'accordo perfetto maggiore è stato accettato fin dai primordj della musica armonica propriamente detta, l'accordo perfetto minore è stato considerato per molto tempo piuttosto come un accordo leggiermente dissonante e di passaggio, anzicchè come accordo fondamentale. Fino ai tempi di Sebastiano Bach, cioè fino alla metà del secolo passato, si esitava a chiudere un pezzo musicale coll'accordo minore, anche quando il carattere del pezzo musicale lo richiedeva. Mozart stesso lo adopera a tale titolo assai di rado e proprio, quando non può farne

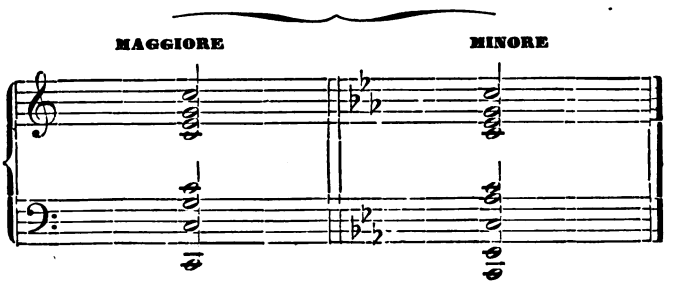
Digitized by Google

a meno; ed anche in tale caso egli ommette volontieri la terza minore, la quale non gli suona abbastanza bene. Si direbbe proprio, che le nature musicali più finamente dotate abbiano quasi presentito ciò, che la teoria doveva poi spiegare in modo semplice e concludente.

Per maggiore schiarimento di ciò, che ho detto riguardo ai suoni di combinazione dei due accordi perfetti, dò qui sotto questi suoni scritti coi segni musicali. Nella prima riga trovansi i due accordi, nella seconda i suoni di combinazione di primo ordine, che essi generano.

Mi limito a questi ultimi, perchè quelli d'ordine superiore si sentono soltanto in via eccezionale e non hanno grande importanza pratica.

ACCORDO PERFETTO

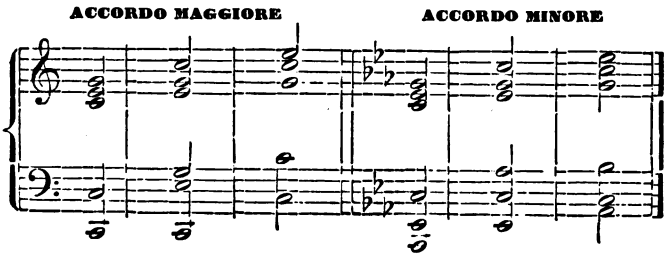


4. L'accordo perfetto può però adoperarsi anche in modi diversi. Chiamasi rovesciare un'accordo il trasportare uno o parecchi dei suoi suoni all'ottava alta o all'ottava bassa. L'accordo acquista allora un carattere alquanto diverso di prima, e specialmente i suoni di combinazione si modificano notevolmente. È questo un'argomento, che non posso qui che accennare, giacchè uno studio più approfondito mi porterebbe molto al di là dei limiti che mi sono qui tracciati. Tuttavia voglio ricordare, che la musica è

Digitized by Google

in questo riguardo estremamente ricca, e che gli accordi rovesciati hanno costituito la risorsa principale di *Palestrina* e dei compositori della sua scuola e del suo tempo. Accordi, che in una data posizione hanno suoni di combinazione consonanti, possono trasformarsi col rovesciamento in altri con suoni di combinazione più o meno dissonanti. Questo accade specialmente per l'accordo perfetto minore, nel quale la dissonanza leggiermente esistente può rinforzarsi notevolmente col mezzo del rovesciamento, e può trasformarsi in dissonanza molto più marcata. Palestrina, il quale è stato una delle nature musicali più finamente dotate, fa moltissimo uso di questo processo musicale, ed è ammirabile a vedersi, come senza essere guidato dalla teoria, ma soltanto dal finissimo suo orecchio, egli abbia potuto sentire e apprezzare differenze così lievi. Nella sua musica egli fa pochissimo uso delle dissonanze vere, ma molto invece di quelle dissonanze secondarie, che si producono nei suoni di combinazione col mezzo del rovesciamento degli accordi. Il che giustifica il detto di un grande pensatore tedesco, il quale chiama la musica del Palestrina « musica di angioli, dolenti forse delle cose terrestri, ma « che non perciò si turbano nella loro celeste serenità. »

A guisa d'esempio dò qui alcuni accordi rovesciati, coi loro suoni di combinazione, per il caso più semplice di tre suoni. Gli altri casi sono troppo complicati per trovar qui luogo.



Digitized by Google

Oltre agli accordi perfetti, maggiore e minore, vi sono ancora altri accordi semplici. Citerò fra questi l'accordo formato dal suono fondamentale, dalla quarta, sesta e ottava, e quello del suono fondamentale colla terza, sesta e ottava, i quali hanno carattere alquanto diverso tra di loro, e specialmente quando si pongano a confronto coll'accordo perfetto maggiore o minore. Questi accordi possono essere studiati colle stesse regole da noi impiegate per gli accordi perfetti. Si arriva facilmente alla conclusione, che essi non sono altro, che questi ultimi rovesciati in modo conveniente, come si vede anche dall'esempio musicale della pagina precedente.

Digitized by Google

VII.ª ED VIII.ª CONFERENZA.

1. Accordi dissonanti. — 2. e 3. Carattere della musica e delle scale musicali. — 4. Musica antica. — 5. Scale greche. — 6. Scala pitagorica, — 7. sua decadenza. — 8. Canto ambrosiano e gregoriano. — 9. Musica polifonica, armonia; la riforma protestante; Palestrina. — 10. Trasformazione delle scale musicali, la tonica e l'accordo fondamentale. — 11. Scala maggiore; intervalli musicali. — 12. Scala minore. — 13. Intonazione e passaggi. — 14. e 15. Diesis e bemolle. — 16. Scala temperata, sue inesattezze. — 17. Utilità di abbandonarla.

1. Abbiamo finora studiato soltanto il caso degli accordi consonanti. Ma la musica sarebbe molto povera, se volesse limitarsi ad essi ed ai pochi suoni, che li compongono. Si può dire di più. Una musica formata da soli accordi consonanti sarebbe estremamente monotona e senza alcun vigore. Essa sarebbe una specie di *ninna nanna*, destinata a togliere dolcemente ogni preoccupazione dalla mente, senza esprimer nulla.

Per aumentare le proprie risorse, e per acquistare maggior vigore ed energia nell'espressione dei suoi concetti, la musica ha dovuto ricorrere ai suoni ed agli accordi dissonanti.

Esteticamente parlando, si prova una sodisfazione molto maggiore, quando da un accordo dissonante si passa ad un accordo consonante, che qualora si fosse sempre rimasti

Digitized by Google

negli accordi consonanti. È la forza dei contrasti, che produce in noi questa sensazione, come dopo la burrasca apprezziamo doppiamente la calma.

Questo è stato il concetto, che inconsciamente ha guidato la musica fino ai nostri tempi. La sua forza sta nelle dissonanze, purchè queste non durino troppo e si risolvano poi in accordi consonanti.

L'accordo perfetto, essendo il più consonante di tutti, dovrà chiudere necessariamente il pezzo musicale. Nell'ammettere le dissonanze e nel determinare i limiti, fino ai quali sia lecito andare, non vi ha nulla di assoluto. Tutto ciò dipende dal grado di coltura musicale e dall'abitudine. Dissonanze, che al giorno d'oggi sono perfettamente lecite, sarebbero parse una mostruosità ai tempi di Palestrina. Viceversa certi suoni adoperati dai Greci, in un'epoca di decadenza, come per esempio quarti di tono, sono decisamente rifiutati da noi altri. È quindi un errore, che commettono molti quando credono che la musica, e specialmente la moderna, abbia carattere e valore assoluto, e che rigettano quindi qualunque sistema musicale, il quale non sia conforme al nostro. Di assoluto non vi sono, che le leggi del suono e delle sue combinazioni. Ma l'applicazione di queste leggi contiene sempre molte cose vaghe, e vi rimane un campo estesissimo e indeterminato, che è stato e sarà percorso in modo molto differente dai diversi popoli delle varie epoche storiche.

2. Se esaminiamo con attenzione la storia della musica, se raccogliamo tutte le notizie possibili anche sulla musica dei popoli barbari, troviamo questo fenomeno costante, cioè: che la musica procede per suoni nettamente separati gli uni dagli altri. Nell'immensa quantità di suoni

Digitized by Google

musicalmente adoperabili non vi sono che pochi, che costituiscono i varii sistemi musicali. Una musica, nella quale si volesse passare da un suono all'altro attraverso tutti i suoni intermedii, diventerebbe presto intollerabile. È vero, che i nostri cantanti e i suonatori di violino e di violoncello fanno uso talvolta, e con successo, di quella forma. Ma lo strisciare da un suono ad un altro è tollerato soltanto, quando se ne usi con parsimonia, e rimane sempre il dubbio, se non sarebbe meglio il farne a meno.

La musica procede dunque per *intervalli* musicali, precisamente come l'uomo cammina con passi staccati, fermi e decisi. Pare che nel doppio suo movimento per intervalli e per passi ritmici, come pure nelle molte sfumature del piano e del forte, del crescendo e del decrescendo, dell'accelerando e del rallentando, del legato e dello staccato, sfumature che costituiscono *l'accento musicale*, risieda il segreto della grande impressione, che la musica desta nel cuore dell'uomo. Essa ha così mezzi svariatissimi per adattarsi completamente ai movimenti psichici, che costituiscono una data situazione d'animo. Perchè notisi, che la musica non esprime sentimenti determinati; essa invece si applica a quelle situazioni d'animo, dalle quali può nascere un sentimento speciale. Che questo sia così, si scorge facilmente dalla musica istrumentale: il sentimento determinato lo mettiamo noi col mezzo della parola unita al canto. Ma togliete le parole, o modificatele addirittura, e voi vedrete, che la stessa melodia e la stessa musica possono adattarsi a sentimenti molto diversi.

Fra tutte le arti belle la musica è certamente la meno materiale. In essa non si trattò, come nella scultura, di copiare la natura idealizzandola; nè come nella pittura,

Digitized by Google

di unire allo studio della natura il concetto geometrico della prospettiva e il concetto ottico dei colori e de' suoi contrasti. Anche l'architettura ha nella natura stessa una base più larga. I fusti degli alberi ed i loro rami, le grotte, le caverne hanno offerto all'architetto i primi concetti dell'arte sua, dettatagli dai bisogni dell'uomo e dalle condizioni di resistenza dei materiali. Ma nella musica la natura non ci offre pressocchè nulla. È vero ch'essa abbonda di suoni, ma il concetto dell' intervallo musicale esiste poco nel canto degli uccelli e quello dei rapporti semplici non vi esiste quasi punto, e senza questi concetti non vi è musica possibile. L'uomo ha dovuto quindi crearsi da sè il suo istrumento, ed è questa la ragione, per cui la musica sia giunta assai più tardi delle altre arti sorelle al suo completo sviluppo. Più che alle altre arti, la musica rassomiglia all' architettura, ove esistono pure rapporti numerici. Difatti l'altezza e la larghezza di un' edifizio o di una sala, l' altezza e la larghezza delle finestre, la grossezza e l'altezza delle colonne, in una parola, tutte le dimensioni sono legate da rapporti numerici. Ma questi sono rapporti approssimativi, i quali sopportano un certo grado di *tolleranza*, mentre nella musica i rapporti devono essere esatti, e la natura si vendica coi battimenti, ogni qual volta si deroghi, anche di poco, da questa legge fondamentale.

3. Nella musica di tutti i popoli troviamo due caratteri immancabili, il movimento ritmico ed il procedere per intervalli determinati. Il primo appartiene anche alla parola e ad altri atti dell'uomo, come il camminare, il nuoto, il ballo ecc.; il secondo appartiene esclusivamente alla musica. Tutti i popoli hanno fatto una scelta dei suoni

Digitized by Google

da adoperarsi, hanno riunito insieme quelli destinati a stare insieme, e si sono così create una o più *scale musicali*. Noi intendiamo per scala musicale la riunione di tutti quei suoni, compresi fra il suono fondamentale e l'ottava, i quali si succedono e sono destinati a succedersi con una certa regolarità prestabilita. Lo studio della scala musicale ci dà in compendio uno dei criterii più importanti, per giudicare dello stato musicale di un popolo. L'esame delle scale musicali è dunque di grandissimo ajuto, ed è a questo titolo, che voglio darvi alcuni brevi cenni sui sistemi musicali più importanti, che la storia abbia fin qui registrati.

Parrà strano, che poche note messe insieme in una scala musicale possano acquistare una vera importanza per lo studio della musica. Certamente, ove si trattasse d'una riunione di suoni fatta a caso od a capriccio, la cosa non avrebbe importanza alcuna; ma la scala musicale è sempre il prodotto dell'attività musicale di molti secoli. Essa non si stabilisce prima della musica, ma si sviluppa assieme con questa. Una musica molto perfezionata deve avere una scala molto perfezionata: una musica invece imperfetta e primitiva avrà pure una scala di poco valore.

Anche in questo riguardo il paragone coll'architettura è calzante [1]. Nell'architettura greca le distanze fra colonna e colonna, fra muro e muro erano piccole; i tetti erano piani. Tutto si riduceva quindi a linee verticali ed orizzontali, ed è questa grande semplicità, che costituisce uno dei caratteri più belli di quell'architettura. Gli antichi Etruschi

[1] Helmholtz, op. cit.

Digitized by Google

immaginarono l'arco, che permette dimensioni maggiori, senza nuocere alla stabilità; da qui si venne alla volta e, come forma più grandiosa di questa, alla cupola. L'architettura romana è fondata su questa nuova scoperta. Ma, applicato in grandi dimensioni, l'arco a pieno centro diventa poco stabile; si trova che l'arco a sesto acuto corrisponde in certi casi molto meglio allo scopo. Esso permette e richiede maggiore altezza agli edificii, è accompagnato da uno sviluppo ammirabile di dettaglio, che gli si adatta perfettamente bene, ed è così che si è sviluppato lo stile gotico con tutte le sue immense varietà. Come vedete, una semplice considerazione di stabilità e di resistenza ha fatto trovare a varii popoli soluzioni diverse, e da tre semplici forme primitive si sono sviluppati tre grandiosi stili architettonici, i quali differiscono tanto fra di loro, da far quasi credere, che essi non abbiano nulla in comune.

4. La musica primitiva è vecchia quanto la storia. Dall'altipiano asiatico, ove incontriamo antiche traccie storiche, essa seguì l'uomo nelle sue peregrinazioni verso la China, le Indie, l'Egitto. Uno dei libri più antichi, la Bibbia, parla sovente e fin dalle prime pagine di musica [1]. Davide e Salomone erano molto musicali. Essi composero i loro salmi molto ispirati e destinati evidentemente ad essere cantati. A quest'ultimo si deve la grandiosa organizzazione del canto nel tempio di Gerusalemme. Egli

[1] Al capo 4 verso 21, parlando della generazione di Caino dice: « È il nome del suo fratello fu Jubal. Esso fu padre di tutti coloro che maneggiano la cetra e l'organo. » Queste parole non provano mica, che l'organo sia già esistito allora, ma sono certamente caratteristiche.

Digitized by Google

istituì una scuola di cantanti e una banda considerevolissima, che arrivò fino a quattromila trombettieri; gli istrumenti principali erano l'arpa, la cetra, le trombe ed il timpano.

Più importante, per la questione che qui ci interessa, è la storia dello sviluppo della musica greca. È ormai fuori d' ogni contestazione, che i Greci non ebbero mai, neanche nei tempi più fiorenti, un vero principio d'armonia. La sola cosa, ch' essi fecero in questo riguardo, fù di accompagnarsi in ottava, quando uomini e ragazzi eseguivano la stessa melodia.

Anche la loro istrumentazione non serviva ad altro che a rinforzare il canto, sia col suonare all' unisono o in ottava, sia coll'eseguire variazioni più o meno complicate fra un canto e l'altro, od anche fra brano e brano di canto. Per essi la musica era un'arte ausiliaria, destinata a rinforzare, idealizzandolo, l'effetto della parola.

Lo sviluppo della loro musica deve essere considerato sotto questo punto di vista soltanto, ed in tale riguardo bisogna convenire, che essa arrivò ad un grado considerevole di perfezione, nonostante la forma veramente primitiva, sotto la quale essa ci apparirebbe oggidì. Essa è stata una specie di alta declamazione, con ritmi più variabili e con una modulazione più frequente e più pronunziata della declamazione ordinaria. Questa musica era moltissimo gustata dai Greci, e quando si consideri, che il greco è stato il popolo più artista e più creatore, che sia mai esistito, bisogna cercare con cura le finezze, che la loro musica poteva contenere e che essa veramente contiene.

5. La scala musicale greca si è sviluppata per quinte

Digitized by Google

successive. Portare una nota alla sua quinta significa, come abbiamo visto nella quinta conferenza, moltiplicare il numero delle sue vibrazioni per $\frac{3}{2}$. Questo principio fu rigorosamente mantenuto dai Greci; dico rigorosamente, perchè la quarta, di cui essi si sono serviti fin dal principio, può facilmente riportarsi ad una quinta bassa.

Per rendere più chiaro lo svolgimento delle idee musicali, voglio ricorrere alla nostra nomenclatura moderna, supponendo che la nostra scala, che più tardi studieremo con dettaglio, sia già conosciuta. Chiamerò il suono fondamentale *do* e i suoni successivi della nostra scala *re, mi, fa, sol, la, si, do,* colla denominazione del diesis e del bemolle per i suoni intermedii, come s'usa nella nostra musica moderna. In questa scala il primo suono, il *do*, rappresenta il suono fondamentale, gli altri sono successivamente la seconda, la terza, la quarta, la quinta, la sesta, la settima e l'ottava, a norma della posizione, che occupano nella scala musicale.

Se prendiamo il *do* come punto di partenza, la sua quinta è il *sol*, e la sua quinta bassa è il *fa*. Portiamo quest'ultimo alla sua ottava, per ravvicinarlo più agli altri suoni, aggiungiamo ad essi ancora l'ottava del *do* ed abbiamo i seguenti quattro suoni:

do, fa, sol, do,

i di cui rapporti musicali sono:

$$1, \quad \frac{4}{3}, \quad \frac{3}{2}, \quad 2.$$

Questi quattro suoni, secondo un'antica tradizione, costituirono la decantata *lira d'Orfeo*. Musicalmente parlando essa è certamente molto povera, ma è interessante

Digitized by Google

l'osservazione, ch'essa contiene gli intervalli musicali più importanti della declamazione. Difatti, quando si fa un'interrogazione, la voce s'alza d'una quarta. Per rinforzare una parola, s'alza ancora di un tono e si va alla quinta. Quando si chiude un racconto, si cade giù di una quinta ecc. Per cui si comprende, che la lira d'Orfeo, non ostante la sua povertà, siasi prestata ad una specie di declamazione musicale.

Il processo per quinte in sù e in giù può ancora continuarsi; la quinta del *sol* è *re*, e se l'abbassiamo di un'ottava, il suo rapporto musicale sarà $\frac{9}{8}$. La quinta bassa del *fa* è *si*^{b}, per cui il suo rapporto musicale innalzato ad un'ottava è $\frac{16}{9}$.

Abbiamo così la seguente scala

do, re, fa, sol, si^b, do,

i di cui intervalli sono

$$1, \frac{9}{8}, \frac{4}{3}, \frac{3}{2}, \frac{16}{9}, 2$$

la quale non è altro che una successione di quinte, trasportate poi alla medesima ottava, nel modo seguente:

si^b, fa, do, sol, re.

Questa è l'antica scala chinese e scozzese, per la quale esistono moltissime canzoni popolari, sovratutto scozzesi e irlandesi, di un colorito tutto speciale.

6. Ma la scala può ancora continuarsi con quinte successive. Ommettiamo, come hanno fatto i Greci, la quinta bassa *si*^{b}, ed aggiungiamo invece tre quinte successive in alto, avremo come quinta del *re* il *la*, e come quinta di questo il *mi*; finalmente come quinta del *mi* il *si*.

Digitized by Google

I rapporti di questi suoni. riferiti alla stessa ottava, sono $\frac{27}{16}$, $\frac{81}{64}$, $\frac{243}{128}$, per cui la scala sarà la seguente

do, re, mi, fa, sol, la, si, do

coi rapporti:

$$1, \quad \frac{9}{8}, \quad \frac{81}{64}, \quad \frac{4}{3}, \quad \frac{3}{2}, \quad \frac{27}{16}, \quad \frac{243}{128}, \quad 2.$$

La prima e la seconda delle ultime tre quinte qui sopra citate, vale a dire il *la* e il *mi*, furono introdotte da *Terpandro*, l'ultima, il *si*, da *Pitagora*, per cui la scala greca porta anche il nome di scala *pitagorica*. Essa si è formata, come si è visto, per quinte successive, vale a dire, col concetto fondamentale dei rapporti semplici.

Ma bisogna pur riconoscere, che l'esecuzione di tale concetto non è stata del tutto felice. Difatti la legge di formazione è semplice, ma i singoli suoni hanno talvolta una parentela molto lontana col suono fondamentale. Il modo di formazione della scala si prestava molto bene ad accordare le corde della lira, e questo pare sia stato uno dei motivi principali di tale formazione; ma fra due suoni consecutivi della scala l'intervallo riesce talvolta tutt'altro che semplice. Così vediamo pure, che alcuni suoni stanno col suono fondamentale in un rapporto estremamente complicato.

Sono sovratutto gli ultimi tre suoni introdotti nella scala, vale a dire, quelli che corrispondono alle nostre note *la*, *mi* e *si*, che non hanno più rapporti semplici, essendo espressi dalle frazioni $\frac{27}{16}$, $\frac{81}{64}$, $\frac{243}{128}$.

Quanto a quest'ultimo, la cosa avrebbe meno importanza. Il *si* non può considerarsi altrimenti, che come

Digitized by Google

suono di passaggio, il quale per la sua aperta dissonanza spinge al *do* o ad altro suono consonante; che esso sia più o meno dissonante, non nuoce e può anche in certi casi giovare. Ma che la terza e la sesta abbiano rapporti complicati, è un grave difetto, ed è stata questa forse la ragione principale, per cui nella musica greca non si è mai sviluppata l'armonia. La terza e la sesta pitagorica sono decisamente dissonanti, e con la sola quarta e quinta non vi ha sviluppo armonico possibile, tanto più che l'intervallo fra quarta e quinta è assai piccolo e quindi pure dissonante.

7. La scala pitagorica ha regnato quasi esclusivamente in Grecia. Soltanto negli ultimi secoli prima dell'èra cristiana, vale a dire nell'epoca della decadenza greca, politica e artistica, troviamo vari tentativi per modificarla. Così per esempio, si divise l'intervallo fra i suoni corrispondenti ai nostri *do* e *re* in due parti, intercalandovi un suono in mezzo. S'andò perfino al punto, di dividere uno di questi intervalli di nuovo in due, introducendo così il *quarto di tono*, che noi altri consideriamo come una stonatura. Altri ancora introdussero intervalli diversi, fondandosi generalmente piuttosto su speculazioni teoriche, anzicchè sul sentimento artistico.

Tutti questi tentativi non hanno lasciato traccia di se, e non hanno quindi importanza. Ma la scala pitagorica è passata dalla Grecia in Italia, ed ha regnato sovranamente fino al sedicesimo secolo, epoca nella quale avvenne la sua trasformazione lenta e successiva nelle nostre due scale musicali.

Devo aggiungere a questo che già i Greci, per aumentare le risorse musicali della loro scala, avevano con que-

Digitized by Google

sta formate parecchie scale diverse, le quali si distinguono dalla prima soltanto per il punto di partenza.

La legge di formazione era molto semplice. Difatti supponiamo la scala scritta nel modo seguente:

do, re, mi, fa, sol, la, si, do.

Noi possiamo prendere un suono qualunque come suono di partenza e scrivere, per esempio, così:

mi, fa, sol, la, si, do, re, mi

oppure:

la, si, do, re, mi, fa, sol, la ecc.

È evidente che potremo formare così in tutto sette scale, le quali non furono tutte nelle diverse epoche adoperate dai Greci, ma che sono pur tutte possibili. Un pezzo musicale, che si fonda sopra l'una o l'altra di esse, deve evidentemente avere carattere diverso, ed è in questo riguardo, in fatto di sfumature e di tinte, che la melodia greca deve considerarsi come molto più ricca della nostra, la quale è soggetta a regole assai più rigide.

8. In Italia le diverse scale greche subirono gravi disordini. Furono il vescovo *Ambrogio* di Milano, e più tardi il *Papa Gregorio il Grande,* i quali ebbero il merito di ristabilire, il primo quattro, il secondo le rimanenti scale greche. Così acquistò la musica di chiesa [il canto ambrosiano e gregoriano] un carattere più netto e più elevato. Era un recitativo a note ora lunghe e sostenute, ora brevi, a seconda della parola che l'accompagnava, musica ad una voce sola, che si è ancora in parte conservata, e che può dirsi diversa dalla musica greca soltanto per lo scopo che si proponeva.

9. Nel decimo e undicesimo secolo incominciò sovratutto in Fiandra un tentativo di musica *polifonica,* vale a

Digitized by Google

dire, di musica a parecchie voci. Essa consisteva nel combinare insieme due melodie diverse, in modo da non produrre stonature. Questo genere di musica si propagò rapidamente anche in Italia. Ai tempi di *Guido d'Arezzo*, del celebre inventore della scrittura musicale, si componevano simili pezzi, in cui i processi per quinte erano molto frequenti, cosa tutt'altro che piacevole all'orecchio, e che noi consideriamo oggidì come un grave errore musicale. Sotto l'impulso di *Iosquino* e di *Orlando Lasso*, l'ultimo e forse il più importante compositore di questa scuola, la musica polifonica si sviluppò in modo sorprendente. Si combinavano insieme tre, quattro, e più melodie diverse in modo complicatissimo, in cui l'arte di combinare aveva una parte assai più ragguardevole, che non l'ispirazione artistica. Veri tours de force senza valore musicale! Tale musica era coltivata sovratutto dai cantanti di chiesa, ai quali era così dato il modo di mostrare la propria abilità. Le voci s'intrecciavano in mille maniere, e la sola condizione posta al compositore era, di non produrre stonature spiacevoli.

La grande riforma di Lutero pose fine a quel genere fittizio e artificiale di musica. Il protestantismo allora nascente portò come condizione necessaria, che il canto nelle chiese dovesse eseguirsi dai fedeli e non da una casta di cantanti speciali. La musica dovette quindi semplificarsi notevolmente, per essere alla portata di tutti. Essa trovò in ciò il terreno preparato. I trovatori, i minestrelli, i Minnesänger avevano sviluppata la melodia primitiva e semplice, da cui nacque il madrigale e la canzone popolare. È così, che alla musica polifonica fin allora in voga fu sostituita un'altra, in cui le diverse voci si servivano

Digitized by Google

di sostegno l'una all'altra. Ne nacque *l'armonia* propriamente detta, coi suoi accordi semplici e sostenuti e col facile movimento delle varie voci.

Il contraccolpo del movimento germanico fecesi sentire anche in Italia, ove la riforma musicale fu iniziata da *Palestrina* in modo veramente geniale, in parte anche per seguire le deliberazioni prese dal Concilio di Trento. Palestrina abbandonò il metodo artificiale fin allora usato, e pose il punto d'appoggio sulla semplicità e sull'ispirazione profondamente artistica. Le sue composizioni [Crux fidelis, Improperia, Missa papae Marcelli, ecc.] sono e saranno sempre un modello del genere.

10. Ma una trasformazione così profonda non poteva compiersi da uno solo, nè in breve tempo. La scala pitagorica, che fino allora era generalmente usata, si opponeva ad un vero sviluppo dell'armonia, e ciò tanto più, in quanto che l'esecuzione era affidata a voci umane, per le quali ogni stonatura diventa doppiamente sensibile. La vera armonia non potè svilupparsi, che mediante la trasformazione successiva della scala musicale in un'altra, in cui i rapporti dei suoni col suono fondamentale, e dei suoni fra di loro, fossero possibilmente semplici. È così, che le varie scale greche si sono trasformate poco a poco nelle nostre due scale moderne, cioè nella *scala maggiore* e nella *scala minore*. La prima era più facile a trovarsi, ma la seconda colle sue due varietà, per il movimento ascendente e discendente, non la troviamo sviluppata completamente che nel secolo decimosettimo, quando la musica aveva già preso un'ammirabile sviluppo, e nelle principali città d'Italia esistevano grandiose scuole di musica e di canto.

Digitized by Google

Un altro concetto ancora caratterizza la nostra musica moderna: è il concetto del suono e dell'accordo fondamentale. Questo concetto non esisteva nella musica greca, quantunque alcuni passaggi di Aristotile accennino a qualche cosa di simile. Esso non esiste nel canto ambrosiano, ma incominciò a svilupparsi colla musica polifonica. Il canto intrecciato del medio evo richiedeva, anche come condizione pratica, che i diversi cantanti ritornassero spesso sopra una nota, quasi come punto fermo d'appoggio, per rimanere affiatati insieme. Quanto più l'armonia era complicata, tanto più necessario diveniva tale punto d'appoggio. È così, che si sviluppò il concetto del *suono fondamentale*, ossia della *tonica*, e più tardi il concetto dell'accordo fondamentale e dell'intonazione. Questo precetto è diventato sempre più rigido, man mano che la musica si è resa più complicata. Noi chiediamo oggidì, che un pezzo musicale incominci e termini coll'accordo fondamentale, il quale non può essere altro, che l'accordo perfetto maggiore o minore, e che nello svolgimento del concetto musicale e nello sviluppo delle grandi masse corali e d'orchestra ritorni sovente il suono fondamentale, come necessario punto d'appoggio alla nostra comprensione.

Anche questo concetto si è sviluppato soltanto lentamente. Nella musica di Palestrina e dei suoi successori esso non è ancora giunto a quella chiarezza, che oggidì chiediamo. Ed è forse questa la cagione principale, per cui quella musica, nonostante la sua semplicità e la grande sua bellezza, ci pare poco chiara e più strana che bella.

11. Premesse queste cose, è ora il tempo per noi di esaminare con dettaglio la formazione e le proprietà delle nostre scale musicali, così come si sono sviluppate

Digitized by Google

necessariamente per i bisogni della musica polifonica e dell'armonia. Le scale, che noi adoperiamo oggidì, sono due: la *scala maggiore* e la *scala minore*, quest'ultima portando ancora una modificazione, la quale deve considerarsi come punto di passaggio tra l'una e l'altra.

Voglio innanzi tutto farvi sentire la nostra scala in modo possibilmente perfetto. Mi servo a ciò dell' istrumento [fig. 26], ideato da *Seebeck* e perfezionato da *König*. Un

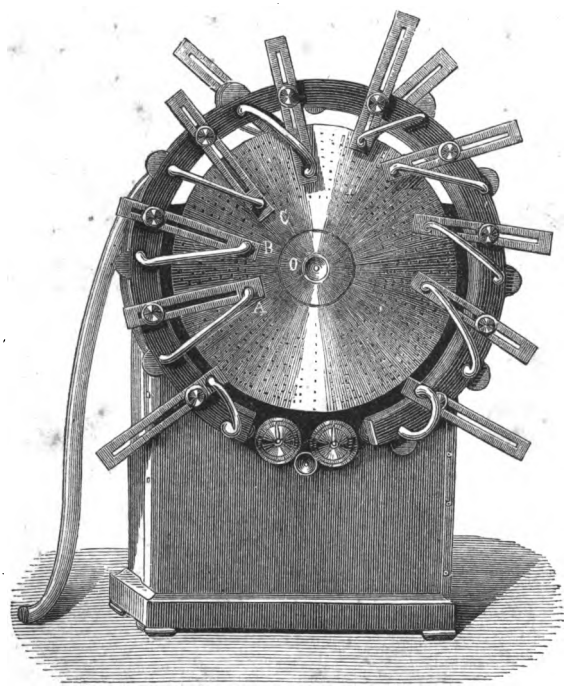


Fig. 26.

forte movimento d'orologeria, rinchiuso in una cassa P, permette di dare ad un disco metallico, fissato in O, un

Digitized by Google

movimento regolare di rotazione. Il disco porta otto serie di fori, situati concentricamente nel medesimo cerchio a uguale distanza. Tubi di gomma elastica A, B, C sono disposti in modo, che si possa soffiare a volontà contro l'uno o l'altro cerchio di fori, per produrre così l'uno o l'altro suono. È una sirena, in cui il movimento rotatorio si fa indipendentemente dalla corrente d'aria che soffia. Gli otto cerchi, a incominciare dall'interno, hanno il seguente numero di fori:

24, 27, 30, 32, 36, 40, 45, 48.

Ora siccome il numero delle vibrazioni dei suoni, che si producono, è proporzionale al numero degli urti, e questi al numero dei fori, ne segue, che a uguale velocità i numeri qui sopra esprimono i valori relativi delle vibrazioni. Dividendoli per 24, si hanno i rapporti

$$1, \frac{9}{8}, \frac{5}{4}, \frac{4}{3}, \frac{3}{2}, \frac{5}{3}, \frac{15}{8}, 2.$$

Aspetto che il disco prenda una velocità uniforme; poi soffio successivamente verso i vari cerchi di fori, e voi sentite che si ottiene la scala maggiore. Voglio aggiungere che questa è perfetta, perchè essa sodisfa, anche in teoria, alla legge dei rapporti esatti.

La scala maggiore è quindi costituita dai seguenti rapporti:

$$1, \frac{9}{8}, \frac{5}{4}, \frac{4}{3}, \frac{3}{2}, \frac{5}{3}, \frac{15}{8}, 2,$$

che vogliamo chiamare

do, re, mi, fa, sol, la, si, do.

In essa, come si vede, la terza maggiore $\frac{5}{4}$, la quarta $\frac{4}{3}$, la quinta $\frac{3}{2}$, la sesta $\frac{5}{3}$ sono accordi consonanti,

Digitized by Google

che abbiamo dedotto anche col mezzo della teoria. Sono i rapporti più semplici che si possano immaginare. Si vede di più, che questi rapporti sostituiscono vantaggiosamente alcuni dei più complicati della scala pitagorica; specialmente la terza e la sesta, che là erano dissonanti e qui sono invece consonanti. La seconda $\frac{9}{8}$ è la stessa della scala pitagorica, la settima $\frac{15}{8}$ è notevolmente semplificata. Si può dunque dire, che questa scala non è nient'altro, che la modificazione della pitagorica, fatta col concetto di mantenere press'a poco i medesimi suoni, in modo però, che essi sodisfino alla legge dei rapporti semplici. È chiaro ed evidente, che questa scala deve quindi prestarsi all'armonia, mentre la pitagorica le era decisamente contraria.

Ma non basta, che i rapporti siano semplici riguardo al suono fondamentale; bisogna che essi siano semplici anche fra di loro. Non posso qui esaminare la questione con tutti i dettagli necessarii; voglio tuttavia farvi conoscere le proprietà più notevoli della nostra scala maggiore. Noi chiamiamo *intervallo* musicale il rapporto fra un suono della scala e il suono antecedente, rapporto che si trova dividendo l'uno per l'altro. In questo riguardo il paragone colla scala pitagorica è molto istruttivo. La scala pitagorica è espressa dai rapporti seguenti:

$$1, \frac{9}{8}, \frac{81}{64}, \frac{4}{3}, \frac{3}{2}, \frac{27}{16}, \frac{243}{128}, 2.$$

Gli intervalli sono quindi i seguenti:

$$\frac{9}{8}, \frac{9}{8}, \frac{256}{243}, \frac{9}{8}, \frac{9}{8}, \frac{9}{8}, \frac{256}{243}.$$

Digitized by Google

In questa dunque gl'intervalli sono di due categorie: gli uni di $\frac{9}{8}$, piuttosto grandi, che vogliamo chiamare un *tono intero,* gli altri più piccoli e molto complicati $\frac{256}{243}$, che chiameremo un *semitono.*

La scala pitagorica è composta di cinque toni interi, tutti uguali fra di loro, e di due semitoni complicati, l'uno posto fra la terza e la quarta, l'altro fra la settima e l'ottava.

Nella nostra scala maggiore abbiamo invece i seguenti rapporti:

$$1, \quad \frac{9}{8}, \quad \frac{5}{4}, \quad \frac{4}{3}, \quad \frac{3}{2}, \quad \frac{5}{3}, \quad \frac{15}{8}, \quad 2.$$

I suoi intervalli sono:

$$\frac{9}{8}, \quad \frac{10}{9}, \quad \frac{16}{15}, \quad \frac{9}{8}, \quad \frac{10}{9}, \quad \frac{9}{8}, \quad \frac{16}{15}.$$

In essa gl'intervalli sono quindi di tre categorie, i più grandi $\frac{9}{8}$, che avvengono tre volte, sono gli stessi pitagorici; gli altri un poco più piccoli, $\frac{10}{9}$, si riscontrano due volte. Noi chiameremo gli uni e gli altri un *tono intero,* ma per distinguerli fra di loro, chiameremo il $\frac{9}{8}$ un *tono intero maggiore,* il $\frac{10}{9}$ un *tono intero minore.* Il terzo intervallo, notevolmente più piccolo dei due primi, $\frac{16}{15}$, si riscontra due volte e al medesimo posto dell'intervallo pitagorico $\frac{256}{243}$. Lo chiameremo un *semitono maggiore,* per

Digitized by Google

distinguerlo da un altro semitono più piccolo, $\frac{25}{24}$, di cui vi parlerò in seguito e che chiameremo *semitono minore*.

Se non facciamo una distinzione fra il tono intero maggiore e il minore, vediamo che la scala maggiore presenta, come la pitagorica, cinque toni interi e due semitoni, distribuiti nel medesimo ordine. La differenza fra le due scale stà in ciò, che noi distinguiamo fra il tono intero maggiore e il tono intero minore, e che il nostro semitono è molto più semplice del pitagorico. Abbiamo quindi tre intervalli diversi invece di due, e quindi una maggiore complicazione, la quale però è largamente compensata dai rapporti e dagl' intervalli più semplici. Voglio aggiungere a questo, che la maggiore complicazione qui notata costituisce anche per sè stessa una maggiore varietà, e quindi una maggiore ricchezza per la nostra musica.

Certe finezze musicali, come per esempio il carattere alquanto diverso, che sussiste fra le diverse intonazioni, trovano la loro spiegazione più naturale in questa maggiore varietà d'intervalli musicali. Ed invero, dacchè p. e. l'intervallo tra il *do* ed il *re* non è uguale a quello tra il *re* ed il *mi*, il suonare *do-re* non è identico col suonare *re-mi*. Lo stesso ragionamento, applicato ad un intero pezzo musicale, porta alla conseguenza, che la scelta del primo suono fondamentale e dell' intonazione modifica alquanto l'ordine degli intervalli, e quindi anche il carattere musicale del pezzo.

12. La seconda nostra scala è la scala minore, in cui alla terza maggiore è sostituita la terza minore, e la sesta

Digitized by Google

e la settima sono modificate. Essa è composta dei seguenti rapporti:

$$1, \frac{9}{8}, \frac{6}{5}, \frac{4}{3}, \frac{3}{2}, \frac{8}{5}, \frac{9}{5}, 2.$$

I suoi intervalli sono i seguenti:

$$\frac{9}{8}, \frac{16}{15}, \frac{10}{9}, \frac{9}{8}, \frac{16}{15}, \frac{9}{8}, \frac{10}{9}.$$

In essa ritroviamo i medesimi intervalli della scala maggiore: tre volte l'intervallo $\frac{9}{8}$, due volte il $\frac{10}{9}$, due volte il $\frac{16}{15}$. La scala minore differisce dunque dalla scala maggiore soltanto in ciò, che i medesimi intervalli si trovano diversamente distribuiti.

La scala minore viene adoperata ancora nella forma seguente:

$$1, \frac{9}{8}, \frac{6}{5}, \frac{4}{3}, \frac{3}{2}, \frac{5}{3}, \frac{15}{8}, 2.$$

i di cui intervalli sono:

$$\frac{9}{8}, \frac{16}{15}, \frac{10}{9}, \frac{9}{8}, \frac{10}{9}, \frac{9}{8}, \frac{16}{15}.$$

Questa scala è composta per la sua prima metà della scala minore, per la seconda metà della scala maggiore. Gli intervalli sono di nuovo i medesimi, soltanto diversamente distribuiti. Questa seconda forma è adoperata di preferenza per la scala ascendente, vale a dire, per il movimento dal basso in alto; mentre la prima forma è adoperata per la scala discendente, dall'alto in basso.

La scala minore ha quindi come suono caratteristico la terza minore, mentre la scala maggiore ha la terza maggiore. Queste due scale possono dunque considerarsi

Digitized by Google

come lo sviluppo ulteriore e l'emanazione degli accordi perfetti maggiore e minore, ai quali sono intimamente collegate. Un pezzo musicale, che s' aggiri nella scala maggiore, ha per base l'accordo maggiore; l'accordo minore è riservato a quei pezzi, i quali si muovono entro la scala minore.

La differenza caratteristica fra le due scale sta nella terza. Ora l'intervallo fra la terza maggiore, $\frac{5}{4}$, e la terza minore, $\frac{6}{5}$, si trova dividendo l'una per l'altra. Esso è di $\frac{25}{24}$, intervallo più piccolo del semitono maggiore $\frac{16}{15}$; lo chiamiamo perciò il *semitono minore*. Possiamo quindi concludere, che tutta la grande differenza, che passa fra la scala maggiore e la minore, si riduce *ad un semitono minore* applicato alla terza.

Se però, matematicamente parlando, tale differenza è piccola, essa è molto grande in riguardo estetico. Vale per le due scale tutto ciò, che abbiamo trovato per i due accordi perfetti [vedi conferenza VI]. La scala maggiore e tutti i pezzi, che vi si fondano sopra, hanno carattere franco, allegro, brioso; i pezzi, che hanno per base la scala minore, sono cupi, malinconici e specialmente indecisi. La ragione di ciò trovasi nei vari suoni di combinazione, che si producono nei due accordi perfetti; essa si ritrova quindi anche nelle scale. Concluderemo dicendo, che variazioni, anche piccole e tali da credersi di poca importanza, modificano notevolmente il carattere di un pezzo musicale. In questo riguardo le scale costituiscono l'ossatura di un' organismo, il quale mostra carattere, ten-

Digitized by Google

denze, sviluppi molto diversi, per poco che si provochino delle differenze caratteristiche nella sua costruzione.

13. Un' ultimo passo restava a fare alla musica, e questo passo non crediamo, che sia già fatto per intero. Dobbiamo ora considerare la scala da un altro punto di vista e vedremo così, ch' essa è infinitamente più ricca in risorse, di quanto potrebbesi a prima giunta immaginare.

Questo passo consiste nella trasposizione, e sotto forma più artistica, nel passaggio da un' intonazione ad un' altra. Supponiamo un' istrumento a suoni fissi come il pianoforte; supponiamo che la scala incominci dal *do*, e che un pezzo musicale qualunque, per esempio una melodia, sia fondata su questa scala. Il suono fondamentale ossia la tonica è allora il *do*. Ora può darsi che un cantante, che debba eseguire questa melodia, la trovi troppo bassa o troppo alta per la sua voce, e che invece egli preferisca di spostarla in modo che la tonica sia per esempio il *sol*.

Questo deve essere lecito, perchè in tesi generale abbiamo visto, che ogni suono, qualunque sia il numero delle sue vibrazioni, può servire come punto di partenza, purchè tutti i suoni successivi si mantengano col primo in rapporti determinati; il che significa, riguardo alla scala, che gli intervalli rimangano sempre gli stessi, quando si trasporta la tonica dal *do* al *sol*.

Ora se noi esaminiamo la scala maggiore, vediamo che essendo suono fondamentale il *do*, abbiamo tra il *mi* e il *fa*, vale a dire fra la terza e la quarta, l' intervallo di un semitono; lo stesso troviamo tra il *si* e il *do*, cioè fra la settima e l'ottava. Se trasponiamo dunque il pezzo dal *do* al *sol*, per non alterare la distribuzione dei semitoni, dobbiamo riferirlo ad una scala, che incominci dal

Digitized by Google

sol, ed abbia fra la terza e la quarta, e fra la settima e l'ottava l'intervallo di un semitono. Ma se scriviamo tale scala semplicemente nel modo seguente, come facevano i Greci:

sol, la, si, do, re, mi, fa, sol

osserviamo che fra la terza e la quarta, cioè fra il *si* e il *do*, vi è l'intervallo del semitono richiesto; non così fra la settima e l'ottava, cioè tra il *fa* e il *sol*; troviamo invece il semitono fra la sesta e la settima, vale a dire, tra il *mi* e il *fa*. La scala dunque non si è conservata coi rapporti di prima. Si può però portarla facilmente agli intervalli voluti, innalzando il *fa* di un semitono, perchè allora l'intervallo fra la sesta e la settima diventa di un tono e quello fra la settima e l'ottava invece d' un semitono.

14. Innalzare una nota d'un semitono significa portare questa nota al *diesis*, come abbassarla d' altrettanto significa portarla al *bemolle*. In teoria portare una nota al diesis, significa multiplicare la nota per il rapporto $\frac{25}{24}$, il quale è l'intervallo del semitono minore. Portarla invece al bemolle, significa multiplicarla per il rapporto inverso $\frac{24}{25}$.

Ogni trasposizione da una tonica ad un'altra porta con se la necessità, di aumentare al diesis qualcuno dei suoni esistenti, oppure di diminuire qualche altro al bemolle. Quello che vi ho dimostrato per un esempio, vale per tutti i casi. Noi possiamo trasportare la tonica dal *do* al *re*, al *mi*, al *fa* ecc., vale a dire a tutti i suoni della scala. Con questa operazione acquistiamo una quantità di suoni nuovi

Digitized by Google

e l'esperienza dimostra, che dobbiamo poter innalzare tutti i suoni della scala al diesis. Per ritornare all'esempio del pianoforte, noi vediamo qui sorgere la necessità, di aggiungere ai sette tasti bianchi di un'ottava, sette tasti neri e non cinque come in pratica si usa; perchè innalzare al diesis significa multiplicare per l'intervallo $\frac{25}{24}$, e questo intervallo non esiste nella semplice scala musicale.

Per spiegare meglio questo concetto, prendiamo un'esempio. Tra il *mi* e il *fa* esiste un' intervallo di un semitono maggiore, $\frac{16}{15}$. Se innalziamo dunque il *mi* al diesis, troveremo, multiplicandolo per l'intervallo più piccolo di $\frac{25}{24}$, un suono vicino al *fa*, ma più basso di questo. Il *mi diesis* non coincide dunque col *fa*, come i suonatori di pianoforte sono portati a credere.

Ma la musica non ha bisogno di arrestarsi a queste prime trasposizioni. Una volta che abbiamo ammesso il principio, che la tonica possa trasportarsi, per esempio, dal *do* al *re*, noi possiamo pure trasportarla dal *do* al *do diesis*. Varranno quindi per i supposti sette tasti neri del pianoforte le medesime considerazioni, fatte precedentemente per i tasti bianchi. Trasportando dunque la tonica successivamente per i diversi diesis, noi dovremo, per mantenere i medesimi intervalli, innalzare di nuovo qualcuno dei diesis d' un semitono, ossia multiplicarlo di nuovo per $\frac{25}{24}$. Si hanno cosi i doppi diesis, i quali essendo formati di due semitoni minori, non equivalgono esattamente ad un tono intero, maggiore o minore che sia. Difatti, per citare un

Digitized by Google

solo esempio, il doppio diesis del *do* si ottiene multiplicando questo due volte per l'intervallo $\frac{25}{24}$, ossia per $\frac{625}{576}$. Questa cifra rappresenta quindi l'intervallo fra il *do* e il *do doppio diesis*, mentre l'intervallo fra il *do* e il *re* è espresso dal rapporto notevolmente maggiore $\frac{9}{8}$. Questi due suoni non sono quindi identici fra di loro.

Arriviamo alla conclusione, che per tener conto di tutte le possibili trasposizioni in questo senso, bisogna avere i sette suoni primitivi, i sette suoni per i diesis e i sette suoni per i doppi diesis.

15. Un altro genere di trasposizione porta con se la necessità di abbassare l'uno o l'altro dei suoni della scala di un semitono, multiplicandolo per $\frac{24}{25}$, il che si chiama portarlo al bemolle. Le medesime considerazioni, che abbiamo fatto per i diesis, valgono anche per i bemolli.

Ragionando quindi nell'istesso modo si arriva alla conclusione, che occorrono sette nuovi suoni per i bemolli, ed altri sette per i doppi bemolli. Devo aggiungere a questo che, in tesi generale, questi nuovi suoni non coincidono coi suoni già menzionati dei diesis. Nella musica esecutiva, e specialmente nel pianoforte, si ammette generalmente, che il diesis di un suono equivalga al bemolle del suono successivo, che per esempio il *do diesis* equivalga al *re bemolle*. Ora questo non è esatto. Difatti il *do* essendo uguale ad 1, il *do diesis* è espresso da $\frac{25}{24}$. Ora il *re* è $\frac{9}{8}$, quindi il *re bemolle* sarà $\frac{9}{8}$ multiplicato per $\frac{24}{25}$, il che dà $\frac{27}{25}$, va-

Digitized by Google

lore diverso e maggiore del primo. Il *do diesis* è dunque alquanto più basso del *re bemolle*, e considerazioni simili si possono fare per tutti gli altri suoni a intervalli interi. Quanto ai semitoni della scala la conclusione rimane la stessa. Prendiamo p. e. l'intervallo *mi-fa*, il quale equivale ad un semitono maggiore, ed è quindi uguale a $\frac{16}{15}$. Siccome i diesis ed i bemolli corrispondono invece ad intervalli di $\frac{25}{24}$ e di $\frac{24}{25}$, ne segue, che il *mi diesis* non coincide nè col *fa bemolle*, nè col *fa*, e che dobbiamo quindi distinguere quattro suoni diversi: *mi*, *fa bemolle*, *mi diesis* e *fa*. E in verità la composizione musicale distingue benissimo questi diversi suoni, e a chi scrive un pezzo, non è lecito confondere l'uno con l'altro.

Ne segue che il pianoforte, per tener conto esatto di tutte queste esigenze, dovrebbe avere per ciascuna ottava una prima tastiera con sette tasti per i suoni primitivi della scala, e poi quattro altre tastiere, ciascuna di sette tasti, per i diesis, i doppi diesis, i bemolli, ed i doppi bemolli; vale a dire, trentacinque tasti in tutto per ogni ottava. È vero, che alcuni di questi molti suoni coincidono sensibilmente fra di loro, e che quindi anche un numero alquanto minore di tasti sodisfarebbe alle esigenze scientifiche. Ma non è men vero, che la musica, specialmente l'istrumentale, avrebbe dovuto arrestarsi innanzi a tanta complicazione.

16. Man mano dunque che la musica si sviluppava riguardo a tutte le possibili trasposizioni, noi vediamo sorgere molti tentativi, per diminuire il numero soverchio di suoni, e per rendere più facile l'esecuzione pratica.

Digitized by Google

Questi tentativi sono tutti fondati sul principio: di abbandonare i rapporti strettamente matematici, di contentarsi invece di suoni approssimativamente giusti, purchè l'errore non fosse troppo sensibile all'orecchio, e di considerare come uguali suoni poco diversi fra di loro. Frutto di questi tentativi molteplici, che vediamo sorgere specialmente verso la fine del secolo 17.° e al principio del secolo 18.° è la *scala temperata,* che ebbe il suo pieno sviluppo nella metà del secolo scorso, specialmente per opera di *Sebastiano Bach*, il quale le dedicò quarant'otto dei suoi preludi e delle sue fughe più ispirate. Essa parte dal principio, di non distinguere tra il tono intero maggiore ed il tono intero minore, di confondere il semitono maggiore col semitono minore, e di considerare come uguali il diesis di una nota col bemolle della nota successiva. In tal modo tutti i suoni dell'ottava si riducono a dodici soltanto, che si considerano come equidistanti fra di loro, ed è su queste principio, che si costruiscono i nostri pianoforti, gli organi ecc., ove con sette tasti bianchi e cinque tasti neri si provvede a tutti i suoni compresi in un'ottava.

La scala temperata è stata generalmente accettata; essa è talmente entrata negli usi giornalieri, che i nostri suonatori moderni per lo più non sanno, ch'essa è una scala inesatta, nata per transazione, onde ovviare alle difficoltà pratiche dell'esecuzione musicale. Ad essa si devono i grandi progressi fatti dalla musica istrumentale, e ad essa forse si deve l'importanza ognor crescente del pianoforte nella vita sociale.

Ma noi crediamo, che essa non rappresenti l'ultima parola in questo riguardo. Sarebbe certamente molto desiderabile, che si ritornasse alla scala esatta, con quelle fa-

Digitized by Google

cilitazioni, che forse la pratica ancora richiede. Perchè è innegabile, che la scala temperata ha scancellato molte finezze, ed ha dato alla musica, fondata sopra leggi semplici ed esatte, un carattere di approssimazione piuttosto grossolana. Ma avanti di continuare in questo argomento, voglio mettervi sott' occhio, com' esempio, i valori delle diverse scale, anche per far risaltare meglio la misura delle loro differenze.

Supponiamo che il suono fondamentale faccia 240 vibrazioni al minuto secondo e chiamiamolo un *do*, allora la nostra scala maggiore è rappresentata dalle seguenti cifre:

do	re	mi	fa	sol	la	si	do
240,	270,	300,	320,	360,	400,	450,	480,

la scala minore:

240, 270, 288, 320, 360, 384, 432, 480,

la scala pitagorica, paragonabile alla nostra scala maggiore:

240, 270, 303 $^3/_4$, 320, 360, 405, 455 $^5/_8$, 480,

infine la scala temperata maggiore ha:

240, 269 $^2/_5$, 302 $^2/_5$, 320 $^2/_5$, 359 $^3/_5$, 403 $^3/_5$, 453, 480.

Se confrontiamo la scala temperata colla scala matematica, vediamo che all'infuori del suono fondamentale e dell'ottava, nessun altro suono coincide esattamente. Nella scala temperata tutti i suoni sono alquanto modificati, ora in più, ora in meno.

Prendiamo per esempio la terza. Questa dà nel nostro esempio per la scala esatta 300 vibrazioni, per la scala temperata 302 $^2/_5$. Dunque vi è una differenza in tale caso di 2 $^2/_5$ vibrazioni. Si dirà che tale differenza è piccola; però ove si consideri, ch'essa è uguale a $^2/_3$ circa di quella fornitaci dalla scala pitagorica, ove la terza è rappresen-

Digitized by Google

tata da 303 3/4, bisogna ben convenire, ch' essa è tutt'altro che trascurabile. Abbiamo visto, che la musica greca non ha sviluppato l'armonia, specialmente perchè la terza e la sesta erano dissonanti. Bisogna concludere, che la nostra armonia fondata sulla scala temperata è ancora molto difettosa.

Un altro argomento deve essere avvertito. La differenza nel nostro esempio fra la terza maggiore e la terza minore è di dodici vibrazioni, la prima essendo di 300, la seconda di 288 vibrazioni. Ora, se dodici vibrazioni bastano in questo suono sensibilissimo, per mutare il carattere dell'accordo fondamentale, della scala e di tutto il pezzo fondato sopra di essi, bisogna convenire, che 2 2/5 vibrazioni non possono più essere indifferenti, e devono quindi produrre una stonatura sensibile. Finalmente sappiamo, che ogniqualvolta un' accordo non è perfettamente accordato, esso dà luogo a battimenti. Nel pianoforte questi non sono molto sensibili, ma negli istrumenti a suoni pieni, forti e continuati come nell'organo, essi riescono spiacevolissimi, specialmente quando sono frequenti. Nel nostro esempio i battimenti non sarebbero che 2 2/5 al secondo, il che riuscirebbe già spiacevole; eppure abbiamo qui preso suoni bassi di 200 e 300 vibrazioni. Per i suoni alti i battimenti sono molto più frequenti. Applicando l'esempio ad una ottava più in alto, si raddoppia il numero delle vibrazioni e con ciò anche il numero dei battimenti, i quali devono produrre un' effetto spiacevolissimo.

Anche i suoni di combinazione rimangono profondamente alterati, e invece di rinforzare suoni già esistenti e di rientrare nell'armonia generale dell'accordo, essi appari-

Digitized by Google

scono discordanti, non abbastanza forti per produrre vere dissonanze, ma pur sempre capaci di turbare la serena tranquillità e la trasparenza d'un accordo.

Ne segue, che la musica fondata sulla scala temperata deve considerarsi come musica imperfetta, e molto al di sotto della nostra sensibilità e delle nostre aspirazioni musicali. Se la sopportiamo e se la crediamo anche bella, ciò proviene soltanto da che il nostro orecchio, fin dalla prima infanzia, viene sistematicamente falsato [1].

17. Il Professore *Helmholtz* si è fatta appositamente costruire una fisarmonica, la quale gli permette di suonare a volontà colla scala esatta o colla scala temperata, per persuadersi, se realmente esista fra di loro una diffe-

[1] Negli ultimi tempi il signor *Cornu* ha fatto delle esperienze ingegnosissime, nelle quali egli misurava direttamente le vibrazioni, prodotte da buoni cantanti e buoni suonatori di violino, mentre questi eseguivano una melodia pura colla massima attenzione possibile. Egli costatò così, che questi non si servivano della scala esatta e neppure della scala temperata, ma invece di una scala poco diversa dalla pitagorica. Per cui egli concluse, che la scala pitagorica deve ancora sempre considerarsi come la scala della melodia, mentre la nostra scala moderna deve riguardarsi come la scala dell'armonia.

Veramente questa distinzione, ove esista realmente, non ha una grande importanza pratica, perchè melodia pura senza armonia non esiste più al giorno d'oggi e non sarebbe neppur gustata. E basta, che un canto sia accompagnato dalla più semplice armonia, per obbligare il cantante ad adoperare la scala dell'armonia, onde impedire le stonature. Tuttavia il fatto è in se stesso molto interessante e merita di essere esaminato con cura. Esso dimostrerebbe una certa tendenza in noi, di seguire nella melodia la scala pitagorica, e darebbe una base *molto naturale* alla melodiosa musica greca.

Digitized by Google

renza apprezzabile. Per poco che vi si abitui l'orecchio, la differenza diviene notevolissima. Colla scala esatta gli accordi consonanti diventano assai più dolci, più chiari e più trasparenti, gli accordi dissonanti più forti e più crudi; mentre la scala temperata mesce tutte queste cose in una tinta uniforme senza carattere spiccato. I suoni di combinazione hanno nella prima maggiore importanza, e in generale la musica acquista un carattere più deciso, più franco, più robusto e più dolce. Il fatto dimostra quindi, che i risultati della teoria non sono semplici speculazioni o pedantesche esagerazioni, ma che hanno invece un valore vero e reale, tale da dover essere accettato anche dalla pratica.

Esprimiamo dunque il desiderio, che venga per la musica un'èra nuova e feconda, in cui abbandonando la scala temperata si ritorni invece alla scala esatta, o si trovi almeno per le grandi difficoltà dell' esecuzione musicale una soluzione più sodisfacente di quella fornitaci dalla scala temperata, la quale è bensì semplice, ma troppo grossolana.

Ora tutti gli istrumenti ad arco, che sono l'anima dell'orchestra, il canto che resterà sempre il suono musicale più gradito e più pastoso, hanno i suoni perfettamente liberi e possono quindi muoversi a beneplacito dell'artista. Il ritorno alla scala esatta non presenta per essi nessuna seria difficoltà. Lo stesso dicasi per gli istrumenti a fiato, istrumenti ancora molto imperfetti nonostante tutti i progressi già ottenuti, ma per i quali il suonatore può, rinforzando col labbro, alzare e abbassare alquanto il suono. Un suonatore di flauto o di tromba potrebbe quindi suonare colla scala perfetta, come suona ora colla scala tem-

Digitized by Google

perata, e le stesse considerazioni valgono per la massima parte degli istrumenti a fiato. Non ci pare quindi impossibile, nè tampoco veramente difficile, che le grandi orchestre ed i cori possano eseguire un pezzo musicale colla scala esatta.

Maggiori difficoltà s'incontrano per gli istrumenti a suoni fissi, cioè per il pianoforte e l'organo. Il pianoforte è veramente un istrumento così imperfetto, che nonostante la grande voga, di cui gode, non possiamo accordargli un posto importante nella musica esecutiva propriamente detta. Difatti le orchestre non hanno pianoforte, il quale resta così confinato fra le domestiche mura e nelle sale di concerto. Il difetto principale del pianoforte sta in ciò, che i suoni si disperdono rapidamente, per quanto sia grande l'abilità del suonatore. Battimenti e suoni di combinazione si sentono quindi difficilmente. Ne segue che anche le stonature diventano meno sensibili, ed è questa la ragione, che ci fà tollerare i suoni d'un istrumento, che da un giorno all'altro non tiene l'accordatura. Il pianoforte è il vero istrumento della scala temperata; esso si è sviluppato, vive, e probabilmente cadrà con essa. I suoi difetti hanno avuto un'influenza notevole anche sulla musica scritta per esso. Il canto è stato sempre più e più trascurato; gli furono sostituite invece infinite e complicate figure musicali, di scale, cadenze, trilli, ecc., capaci di solleticare più l'amor proprio dell'abile esecutore, che non il sentimento musicale di chi sente. Alle poche e semplici linee, che costituiscono i grandi lavori musicali, furono sostituiti infiniti arabeschi di un rococò di nuovo genere.

Per un istrumento, il quale non tiene l'accordatura, riforme di questo genere ci paiono superflue. Ma questo non

Digitized by Google

è il caso dell'organo, il quale ha bensì perduto in gran parte il suo credito, insieme alla chiesa a cui serve principalmente, ma musicalmente parlando è pur sempre un'istrumento di grande valore. In esso i battimenti ed i suoni di combinazione sono fortemente pronunziati, e dovrebbero quindi indurci a tentare l'importante riforma delle scale musicali. Ora è evidente, che a voler dotare l'organo di tutti i suoni necessarii, si andrebbe incontro ad una complicanza gravissima. Ma pare, secondo una proposta di Helmholtz, che partendo da considerazioni alquanto diverse, con 24 suoni per ottava si possa provvedere a tutto in modo molto sodisfacente. È il doppio dei tasti che abbiamo adesso; ma quando si consideri la grandissima abilità, mostrata dai nostri suonatori di pianoforte con dodici tasti per ottava, è lecito il credere, che anche 24 tasti bene disposti non offrirebbero all'esecuzione difficoltà insormontabili; e quand'anche si dovesse rinunziare alle complicazioni ed agli arabeschi musicali, la musica seria e vera non potrebbe che avvantaggiarsene.

Termino quindi questa mia conferenza coll'esprimere il desiderio, che s'abbandoni finalmente la scala temperata. Essa ha fatto il suo tempo e non ha più una vera ragione di essere. L'uomo è capace di una musica molto più fine di quella, che eseguiamo oggidì. Dico ciò indipendentemente dalle diverse scuole, che dividono attualmente l'Europa musicale, perchè le mie considerazioni valgono per tutte. Ma quelli che credono, che il compito musicale dell'Italia consista nel coltivare e nello sviluppare la melodia, dovrebbero essere i primi a tentare ed a favorire tale riforma. Il canto vi acquisterebbe moltissimo, ed una musica melodica, accompagnata da accordi semplici e piani, molto

Digitized by Google

di più ancora una musica formata da parecchie voci, si rialzerebbe enormemente col mezzo di tale riforma. Già la nostra musica antica, la musica corale di *Palestrina* o di *Basili*, acquista tutt'altro colorito e diviene assai più intelligibile, quando sia eseguita colla scala esatta.

Questa sarebbe una grande riforma, che non s'improvvisa in poco tempo. Ma una volta fatta, essa costituirebbe per se un grande progresso. Se certi istrumenti musicali richiedono in parte delle modificazioni più o meno profonde, per adattarsi a queste nuove esigenze, il quartetto e la musica corale potrebbero invece insegnarsi ed eseguirsi fin d'ora colla scala esatta.

Digitized by Google

IX.ª CONFERENZA.

1. Timbro dei suoni musicali. — 2. Forma delle vibrazioni, metodo ottico. — 3. Altro metodo ottico. — 4. Metodo del fonautografo. — 5. Legge dei suoni armonici. — 6. Timbro delle corde e degli istrumenti. — 7. Legge generale sugli accordi. — 8. Rumori che accompagnano i suoni. — 9. Timbro delle vocali.

1. La terza differenza caratteristica dei suoni risiede nel *timbro*. Supponiamo la stessa nota cantata da diverse voci umane, suonata sul pianoforte, sul violino, col flauto ecc.; non occorre un fine orecchio musicale per riconoscere, che questi suoni, anche se hanno la medesima intensità e la medesima altezza, pure sono diversi fra di loro. Il nostro orecchio va anche più in là, e distingue non solamente fra violino e flauto, ma anche fra violino e violino dei diversi costruttori, ecc. La differenza è marcatissima, e si fa sentire sul prezzo dell'istrumento in modo notevolissimo. Così, per esempio, mentre un violino ordinario costa poche diecine di lire, se ne pagano migliaja per un buono *Stradivario* o *N. Amati*. Lo stesso dicasi di tutti gli istrumenti musicali, quantunque nella più gran parte di essi le differenze di prezzo non siano così forti, perchè le fabbriche moderne sono in grado di fornirne a volontà; mentre i violini acquistano in bontà ed in valore colla vecchiaja.

La differenza di timbro è quindi molto importante e

Digitized by Google

molto caratteristica. Nella voce umana, che costituisce il più aggradevole ed il più ricco degl' istrumenti musical a un suono solo, la varietà è immensa. Non vi sono forse due individui, che abbiano esattamente il medesimo timbro di voce. Il timbro e le inflessioni sono per noi uno dei mezzi più sicuri, per riconoscere una persona.

Ora l'intensità dei suoni dipende dall'ampiezza, l'altezza dalla lunghezza delle oscillazioni. Si può dunque chiedersi, in che cosa due oscillazioni, le quali abbiano uguale ampiezza ed uguale lunghezza, possano ancora differire fra di loro, per produrre una differenza così marcata, quale è quella del timbro.

Nello studio delle diverse oscillazioni e delle cause, che producono il timbro, noi possiamo procedere per due vie diverse. Possiamo tracciare graficamente le curve delle oscillazioni, o renderle visibili in altro modo, ed esaminare in che cosa differiscano fra di loro. Oppure possiamo analizzare i suoni provenienti da diversi istrumenti e vedere, se accanto al suono principale che si sente, non vi siano altri suoni o rumori concomitanti, i quali alterino il timbro del suono semplice, e gl'imprimano così un carattere speciale. Io mi propongo di studiare con voi tanto l'uno, quanto l'altro metodo, e di illustrarli cogli esempi più importanti. Quanto alla forma delle vibrazioni, voglio dimostrarvi che oltre all'ampiezza ed alla lunghezza dell'oscillazione, si deve tener conto ancora della forma speciale della curva, che la rappresenta. Così per esempio le curve 1, 2, 3 della figura 27 hanno tutte e tre la medesima ampiezza *ab* e la medesima lunghezza AB, ma la forma è diversa in ciascuna di esse, e da questa forma speciale dipende precisamente ciò, che chiamasi il timbro. Voglio mostrarvi sperimentalmente come simili curve si possano rendere visibili.

Digitized by Google

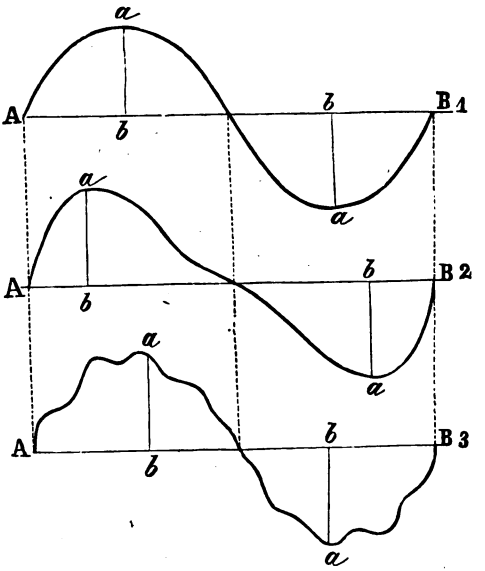


Fig. 27.

2. Fra tutti i corpi sonori il corista dà le vibrazioni più semplici, vibrazioni che si possono paragonare alle oscillazioni d'un pendolo, e che nella prima conferenza abbiamo chiamato vibrazioni semplici. Esse hanno la forma della curva 1 [fig. 27]. Si tracciano sulla carta col mezzo del metodo grafico, descritto nella prima conferenza. Ma si possono rendere visibili anche nel modo seguente. Prendo un corista piuttosto grande F, sul quale è attaccato uno specchietto verso l'estremità di una delle sue branche, mentre sull'altra trovasi un contrappeso [fig. 28]. Faccio cadere un raggio di luce solare, che introduco nella stanza, sullo specchietto del corista, il quale lo rimanda per rifles-

Digitized by Google

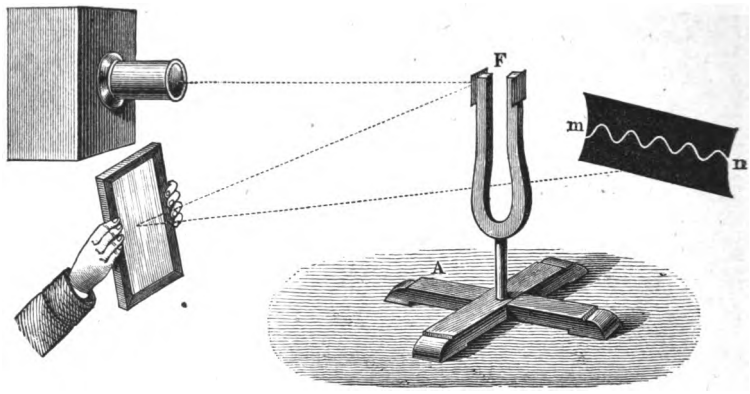


Fig. 28.

sione sopra uno specchio concavo, e da questo per nuova riflessione sopra un diaframma di carta traslucida. Ottengo così sul diaframma l'immagine del foro praticato alla finestra, sotto forma di un punto brillante. Voi vedete quel punto fermo, fino a tanto che il corista rimane fermo; ma se questo vibra, il suo specchietto prende parte alle vibrazioni, e mi produce sul diaframma invece del punto una linea luminosa verticale. Questa linea viene da ciò, che il nostro occhio non può seguire i rapidi movimenti del punto luminoso, il quale occupa in ogni istante un posto diverso; ma se muovo rapidamente colla mano lo specchio concavo, in modo che esso giri intorno ad un asse verticale, i diversi punti luminosi, che corrispondono a tempi differenti, vanno a colpire punti molto diversi del diaframma, e si forma così una bella curva *mn*, la quale ci rappresenta la forma delle vibrazioni. In essa l'ampiezza dipende evidentemente dall'energia maggiore o minore, colla quale faccio vibrare il corista; la lunghezza varia

Digitized by Google

colla velocità, con cui sposto lo specchio concavo e dipende quindi dalla mia volontà. Ma se muovo lo specchio con una giusta velocità, nè troppo presto, nè troppo lentamente, ottengo una bellissima curva sinuosa, la quale ha perfettamente la forma delle vibrazioni semplici.

Questo bel metodo ottico, immaginato da *Lissajous*, di mostrare le vibrazioni dei coristi, è molto fecondo e permette una grande quantità di esperienze. Interessante è il caso, di studiare cosa accada, quando due vibrazioni si combinano in vari modi insieme. Ne risultano movimenti composti, talvolta complicatissimi. Voglio mostrarvi, tra tanti, un esempio, anche perchè esso serve ad illustrare benissimo la teoria dei battimenti [conferenza 5ª]. La fig. 29 mostra la disposizione, che conviene allora adottare.

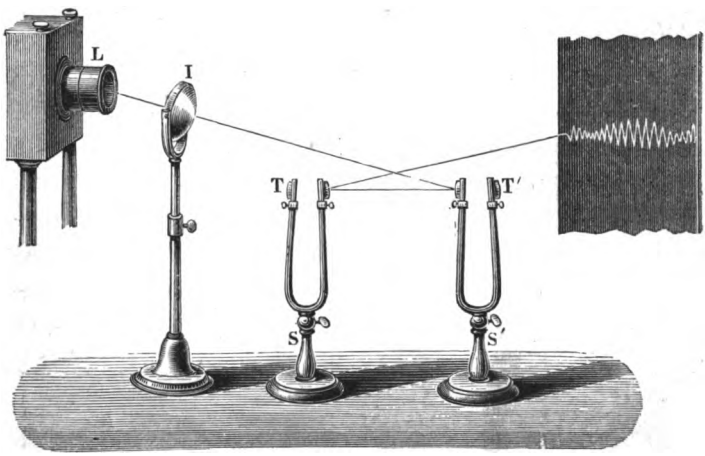


Fig. 29.

Dalla finestra o da una cassa chiusa L si fa entrare nella stanza un fascio di raggi solari o artificiali, che concen-

Digitized by Google

trati convenientemente col mezzo di una lente I, vanno a cadere sullo specchietto di un primo corista T′, poi per riflessione su quello di un secondo corista T, finalmente sopra un diaframma di carta, ove si forma l'immagine del punto luminoso. I due coristi sono perfettamente uguali, e dànno il medesimo suono. Sfrego coll'archetto il corista T; esso vibra e trasforma sul diaframma il punto luminoso in una lunga linea verticale. Ora se sfrego anche il secondo corista T′, la linea verticale diviene più lunga o più corta, a seconda che i movimenti vibratorii dei due coristi si fanno simultaneamente o in contrattempo, e si rinforzano quindi o s'indeboliscono nei loro effetti.

Ciò posto, attacco colla cera una piccola moneta sul corista T, il quale è così rallentato nella sua vibrazione, e mi dà quindi battimenti molto marcati coll'altro T′. La linea verticale è adesso di dimensione variabile, ora lunga, ora corta, e ad ogni battimento corrisponde uno di questi mutamenti. La ragione è semplice. Ad ogni battimento corrisponde un rinforzo ed un' indebolimento di suono, e quindi un momento, in cui i movimenti dei due coristi si sommano, ed uno in cui si affievoliscono nei loro effetti. Questa linea verticale può facilmente trasformarsi in una linea ondeggiante; basta a ciò, muovere rapidamente il corista T. Si ottiene così la fig. 30, ove tali rinforzi ed

Fig. 30.

indebolimenti sono nettamente indicati, come pure tutta la bella forma del fenomeno.

Digitized by Google

3. Voglio ora mostrarvi, che le vibrazioni d'una corda sono molto più complicate di quelle di un semplice corista. La fig. 31 indica la disposizione a ciò necessaria. Alla

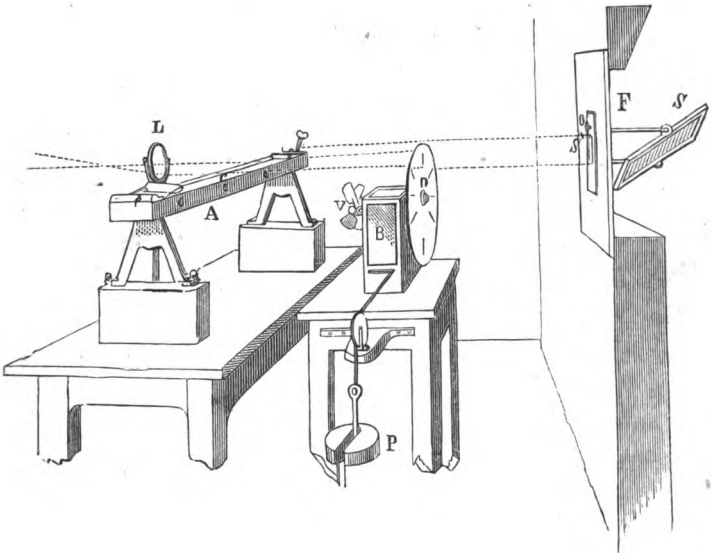


Fig. 31.

finestra F della camera è adattato uno specchio S, inclinabile in tutti i versi, il quale raccoglie un fascio di raggi solari e li manda nella stanza attraverso il foro S'. Questi servono ad illuminare una corda [o meglio, porzione della corda] C del sonometro A. L'immagine della corda viene ingrandita e projettata col mezzo della lente L sopra un diaframma lontano [non visibile nella figura].

Ora se faccio vibrare la corda, voi vedete che l'immagine s'ingrossa e diventa più sbiadita, per la stessa ragione, per cui l'occhio non può seguire la corda nei rapidi suoi

Digitized by Google

movimenti. Per veder bene l'immagine della corda in un momento determinato, converrebbe illuminarla un'istante solo, mentre noi tutti fossimo nel buio. Questo potrebbe farsi, per esempio, per mezzo d'una scintilla elettrica, la quale ha una durata estremamente piccola. Ma l'illuminazione, che si ottiene, è debole ed il fenomeno non può essere osservato ad una certa distanza. Potrei anche chiudere lo sportello S', dal quale entra il fascio di raggi solari ad illuminare la corda, ed aprirlo poi soltanto per un tempo brevissimo. In tale modo otterrei per un'istante una illuminazione molto viva della corda vibrante, e potrei così rendervi visibile lo stato della corda in quel dato momento. Ma anche questo metodo avrebbe l'inconveniente, che il fenomeno durerebbe pochissimo, e sarebbe difficile osservarlo nelle sue minute particolarità.

Posso quindi perfezionare il metodo in modo, d'illuminare la corda a piccolissimi intervalli, ogni qual volta essa ritorna nella medesima posizione. Ottengo così una illuminazione ad intervalli, succedentisi rapidamente, illuminazione che pare costante e che mi fa apparire la corda in quella data posizione, come se fosse fissa. L'importante sta dunque nel trovare un modo, che permetta d'illuminare la corda tutte le volte, che questa si trovi nella medesima posizione.

A tale scopo prendo un disco di cartone D [fig. 31], il quale porta un certo numero di finestre strette, otto in tutto, disposte a distanze uguali sulla periferia di un cerchio. Faccio girare rapidamente questo disco col mezzo d'un eccellente apparecchio a roteggio B, mosso dal peso P e regolato dal volano a palette V, apparecchio, il quale mi permette di dare al disco un movimento uniforme e di

Digitized by Google

far variare a volontà la velocità del disco medesimo. Quest'ultima cosa si ottiene facilmente, aumentando più o meno il peso, che fa girare il roteggio, e modificando la forma del volano, e dopo qualche tentativo si riesce facilmente a trovare la velocità necessaria. L'apparecchio funziona dunque nel modo seguente. Il disco essendo collocato avanti al foro, dal quale entrano i raggi solari, intercetta questi completamente; ma ogni qual volta si presenta avanti al foro una delle finestrine del disco, i raggi passano e vanno ad illuminare la corda. Se dunque la velocità del disco girante è scelta in modo, che nel tempo che occorre, affinchè si presenti avanti al foro la seconda, la terza ecc. finestra del disco, la corda faccia un movimento intero e ritorni alla posizione di prima, io ottengo che questa sia illuminata in intervalli di tempo uguali, e sempre nella medesima posizione. La corda deve parere ferma e presentare quella forma, che ha in quel dato momento e in quella data posizione. Le figure, che si ottengono, sono molto nette, complicate e si possono facilmente disegnare, perchè il fenomeno rimane quasi fisso per un tempo lungo quanto si vuole. Ma esse cambiano di forma a seconda del modo, con cui faccio vibrare la corda. Se

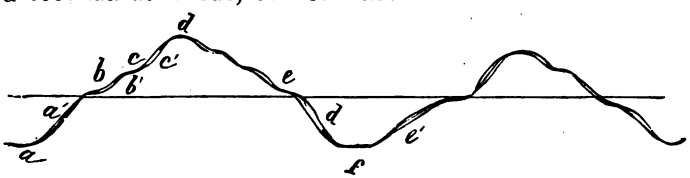


Fig. 32.

la pizzico a un terzo, a un quarto della sua lunghezza; se la pizzico ad un settimo o ad un'ottavo; se la sfrego coll'archetto in un punto o in un altro, ottengo figure

Digitized by Google

sensibilmente diverse. La fig. 32 mostra, a titolo d'esempio, la forma che si osserva, quando la corda è pizzicata a $^1/_7$ della sua lunghezza. La forma è complicata, e ciò che è interessante, l'immagine non è ugualmente netta e precisa in tutti i suoi punti. Nei punti *a*, *b*, *c*, *d*.... abbiamo una linea nera e sottile, nei punti intermedii *a'*, *b'*, *c'*, *d'*, ... l'immagine è ingrossata e sbiadita. Le varie porzioni della corda compiono in questi ultimi punti vibrazioni rapidissime, che il mio troppo lento disco girante non riesce a sciogliere. Queste porzioni si comportano, come nei casi ordinarii una corda illuminata con luce continua, la quale corda ci mostra allora non la sua forma, ma i limiti entro cui vibra.

4. Un'apparecchio utilissimo in molte ricerche acustiche, e specialmente per la questione che qui c'interessa, è il *fonautografo di Scott* [fig. 33, pag. seg.].

Una grande cassa armonica A, di forma paraboloidale, aperta dal lato maggiore, è chiusa dalla parte più stretta col mezzo d'una membrana animale sottilissima M, che si stira più o meno col mezzo di tre viti *v*, [di cui una visibile nella figura]. Un pezzo di midollo di sambuco *a*, tagliato ad angolo retto, è attaccato sulla membrana e porta all'estremità una punta leggiera e flessibile *p*.

Un suono prodotto innanzi al paraboloide A, vi si rinforza, la membrana M vibra, il pezzo *a* prende parte alle vibrazioni a guisa di una leva, e la punta *p* vibra fortemente in senso perpendicolare alla sua propria direzione. Le vibrazioni sono poi rese visibili col metodo grafico. La punta *p* tocca la superficie del cilindro girante C e la vite V serve a regolare questo contatto. Il cilindro è ricoperto d'un foglio di carta molto liscia ed affumicata colla fiamma del petrolio, e gli s'imprime un movimento di rotazione

Digitized by Google

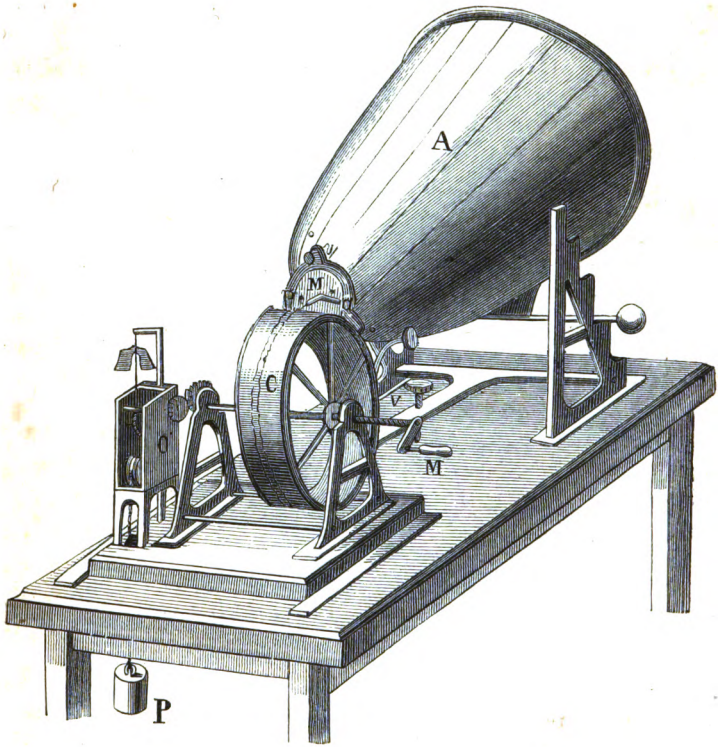


Fig. 33.

col mezzo della manivella M, o il che è molto meglio, col mezzo di un movimento d'orologieria O, a rotazione costante, messo in azione dal peso P. L'asse poi del cilindro C è a vite, affinchè i vari giri non vengano a sovrapporsi.

Il fonautografo è un' istrumento utilissimo, che può servire a molte e svariate ricerche. Le vibrazioni d'un suono sono da esso tracciate con grande regolarità. Se si prendono

Digitized by Google

due canne d'organo poco diverse tra di loro, e si producono dei battimenti, questi sono tracciati molto regolarmente sul cilindro girante. Si ottengono così bellissime curve, simili a quelle ottenute col metodo ottico [fig. 30].

Ma questo istrumento non serve solamente a mostrare le vibrazioni, esso può anche servire utilmente a far conoscere la forma speciale della curva corrispondente. In questo riguardo l'istrumento non è forse del tutto fedele; può darsi ch'esso non registri forse tutti i suoni parziali, che entrano nella formazione del suono composto; può anche darsi, ch' esso vi aggiunga qualche cosa di proprio [1]. Ma non ostante questi piccoli difetti, esso mostra benissimo, che a suoni di vario timbro corrispondono curve diverse e molto caratteristiche. Il modo di operare rimane sempre lo stesso. Basta produrre il suono, che si vuol esaminare, con sufficiente energia avanti alla bocca dell'istrumento, il quale traccia da se la curva che si cerca.

La fig. 34 rappresenta alcuni dei casi più interessanti in questo riguardo. Ogni linea orizzontale contiene due curve alquanto diverse, che però appartengono al medesimo suono, e che si ottengono a seconda della maggiore o minore chiarezza e energia, con cui il suono è prodotto. Generalmente i suoni musicali netti dànno curve più complicate e più caratteristiche, che non i suoni sbiaditi.

[1] L'effetto è più sicuro e le curve, che si ottengono, sono più belle e più nitide, quando si rovescia la leva di midollo di sambuco, la si attacca soltanto in un punto nella parte centrale della membrana e si munisce la leva rettangolata di una cerniera, affinchè possa muoversi liberamente. Le curve che ne ottenni ultimamente, sono molto più belle e più caratteristiche di quelle rappresentate nella fig. 31.

Digitized by Google

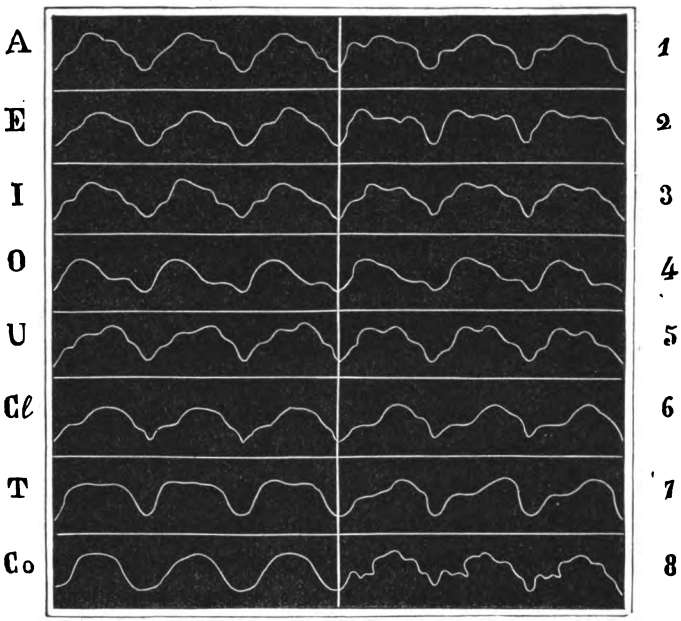


Fig. 34.

Le prime cinque righe contengono le vibrazioni ottenute per la voce robusta d'un baritono che cantava il *sol*, pronunziando con maggiore o minore chiarezza le vocali A, E, I, O, U. La sesta e la settima riga contengono le curve ottenute col clarino e colla tromba; l'ultima finalmante contiene, a titolo di complemento, la curva ottenuta da *Quincke* con altro metodo per una corda vibrante, la prima metà, quando la corda era sfregata a $^1/_3$, la seconda, quando era sfregata a $^1/_{20}$ della sua lunghezza.

5. Tutte queste curve, tanto svariate, sono certamente interessanti, e fanno sorgere in noi un'altra questione: in che rapporto, cioè, stiano queste vibrazioni complicate

Digitized by Google

colle vibrazioni più semplici, trovate per il corista. Si può facilmente dimostrare, che vibrazioni complicate possono considerarsi come la somma di 2, 3 o più vibrazioni semplici. Il problema posto così è troppo generale e voglio restringerlo al caso più semplice, che qui c'interessa.

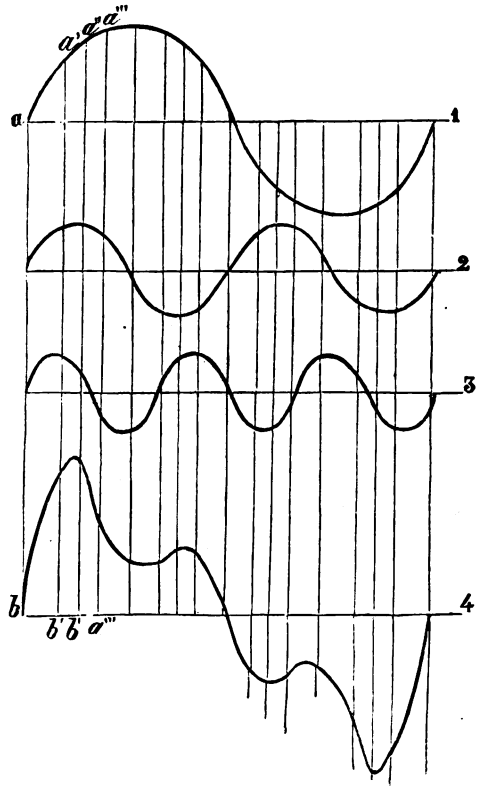


Fig. 35.

Prendiamo un'esempio. Supponiamo, che siano date tre vibrazioni scelte in modo, che le loro lunghezze stiano inversamente come 1 : 2 : 3 [fig. 35]. Se ammettiamo, che

Digitized by Google

queste tre vibrazioni debbano eseguirsi simultaneamente dal medesimo corpo, è assai facile di determinare la curva del movimento risultante.

A tale scopo basta tirare le linee verticali ab, $a'b'$, $a''b''$..., prendere su queste i valori di ciascuna curva e sommarli insieme. Si disegna così la curva 4, in cui ogni linea verticale è uguale alla somma algebrica delle corrispondenti linee verticali delle prime tre curve. Quella, che risulta in tal modo, è la curva cercata.

Nell'istesso modo le curve della fig. 27 hanno un significato nettamente determinato. La curva 1 è semplice; la seconda risulta da due, che hanno le lunghezze come 2 : 1; la terza è formata dai rapporti 8 : 1.

Voi vedete da questi esempj, che una curva complicata può considerarsi come la somma di alcune curve semplici, e che la curva composta è diversa, secondo la forma e il numero delle curve semplici, che la compongono. Essa è, in tesi generale, tanto più complicata, quanto maggiore è il numero e complicata la forma delle curve componenti.

Ora dal momento, che curve semplici combinate insieme dànno curve complicate, si può domandarsi, se ogni curva complicata possa decomporsi in curve semplici? Posto così, il problema è molto generale e non può essere risoluto, che col mezzo del calcolo. Non mi sarebbe quindi possibile di entrare qui in tale materia. Ma l'importanza grandissima dell'argomento mi obbliga a dirvi almeno il risultato, a cui s'arriva. Il calcolo dimostra, che tale problema può essere sempre risoluto. Per quanto complicata sia la forma di una curva periodica, essa può sempre essere decomposta in un numero maggiore o minore di curve semplici, purchè queste siano scelte in modo, che i

Digitized by Google

numeri relativi delle loro vibrazioni stiano nei rapporti semplici dei numeri progressivi 1, 2, 3, 4, 5, ecc.

Questo significa che una curva complicata, rappresentante per esempio le vibrazioni d'una corda, può essere sempre decomposta in una vibrazione semplice del medesimo numero, più in una di un numero doppio, più in una di un numero triplo, quadruplo, quintuplo ecc. di vibrazioni.

Ora siccome vibrazioni, i di cui numeri stanno come 1 : 2 : 3 : 4 : 5 ecc. formano i suoni di quella, che abbiamo chiamato serie armonica, il risultato del calcolo può esprimersi acusticamente nel modo seguente: *Ogni suono, le di cui vibrazioni hanno forma complicata, come quelle della corda, deve potersi decomporre in una serie di suoni semplici, appartenenti tutti alla serie armonica.* Con questo teorema alla mano noi dobbiamo ritrovare in suoni composti tutti i singoli suoni semplici che li compongono, ed abbiamo così iniziato un secondo metodo sperimentale per studiare il timbro dei suoni.

6. L'esperienza dimostra, che i suoni delle corde non sono mai semplici, bensì accompagnati da suoni della serie armonica. Prendo per esempio un sonometro, e faccio suonare la corda in modo, che mi dia il suono fondamentale. Voi sapete, che i suoni armonici si ottengono dividendo la corda in due, in tre, in quattro ecc. parti [vedi conferenza prima], e che il suono fondamentale essendo uguale a 1, i suoni armonici sono rappresentati dai numeri progressivi 2, 3, 4, ecc.

Anche la sirena di *Seebeck* [fig. 26] serve benissimo a produrre i suoni armonici. Metto sull'asse di rotazione un disco, che contiene le seguenti serie concentriche di fori:

Digitized by Google

8, 16, 24, 32, 40, 48, 56, 64

che stanno nei rapporti:

1 : 2 : 3 : 4 : 5 : 6 : 7 : 8,

ed ottengo così i suoni armonici del suono fondamentale in rapporti veramente esatti. Questi suoni non devono confondersi con quelli della scala musicale. Essi sono, specialmente i primi, molto più distanti l'uno dall'altro. Difatti dal suono fondamentale 1 si passa all'ottava 2, poi alla quinta dell'ottava 3, e alla seconda ottava 4; mentre nella scala musicale i suoni successivi sono notevolmente più ravvicinati.

Ciò posto, non è difficile dimostrare, che nella corda vibrante il suono fondamentale è accompagnato da suoni armonici. Per poco che si stia attenti, e senza dover ricorrere ad esperienze speciali, si sente col solo orecchio la presenza del terzo armonico. Quest'ultimo diviene sovratutto sensibile, quando il suono della corda è già affievolito, perchè il suono fondamentale s'indebolisce più rapidamente del terzo armonico, e lo fa quindi risaltare. Anche il quinto armonico si sente facilmente. Più difficili a sentirsi sono il secondo ed il quarto armonico, perchè essi rappresentano la prima e la seconda ottava del suono fondamentale, e si confondono facilmente con questo.

Lo stesso fatto s'incontra nelle corde del pianoforte. Facendo risuonare un suono piuttosto basso, per esempio un *do*, si sente facilmente l'ottava del *sol* successivo, che è il suo terzo armonico, e il *mi* dell'altra ottava, che è il quinto armonico. Anche gli altri armonici si sentono, ma più difficilmente. Il settimo armonico manca, perchè i pianoforti sono per lo più costruiti in modo, che il martelletto batta sulla corda press'a poco nel punto, che corrisponde

Digitized by Google

al nodo del settimo armonico, vale a dire, batta a un settimo della lunghezza della corda, per cui la formazione di un nodo rimane in quel punto impedita.

Anche in altri istrumenti s'incontrano suoni armonici. Ma siccome riesce talvolta difficile il sentirli, perchè sono o troppo impastati col suono fondamentale, come è il caso nella voce umana, oppure troppo deboli, si può ricorrere con grande successo all'uso dei risuonatori di Helmholtz [vedi fig. 20].

Abbiamo visto [3.° conferenza] che questi non sono altro che casse armoniche di forma sferica o cilindroconica, che si adattano all'orecchio e che rinforzano, a seconda del loro volume, ciascuna un suono solo. Basta avere una serie di questi risuonatori per i diversi suoni che possono avvenire, per aver così un mezzo molto efficace, a persuadersi della presenza di un suono anche debolissimo in mezzo a molti altri. Le ricerche fatte su questo argomento hanno dimostrato, che i suoni provenienti da diversi istrumenti musicali hanno suoni armonici diversi, o almeno in misura diversa.

Un suono, non accompagnato da suoni armonici, può essere talvolta dolce, ma esso è sempre smilzo, povero, e quindi poco musicale. Questo è il caso dei coristi. Anche le canne d'organo chiuse non hanno pressocchè suoni armonici. Ne risulta per esse un suono cupo, paragonabile alla vocale *u*, e poco aggradevole. I suoni armonici diventano quindi una condizione quasi necessaria per i suoni musicali propriamente detti. Quando il suono fondamentale è accompagnato dagli armonici più bassi 2, 3, ecc., esso acquista un carattere largo, aperto, pastoso. Se sono invece i suoni armonici acuti che prevalgono, il suono ac-

Digitized by Google

quista un carattere stridulo od anche clamoroso, come per esempio nelle trombe ecc.

I suoni più ricchi in armonici sono quelli della voce umana e delle corde, ed è per tale ragione, che istrumenti di questo genere sono e saranno sempre i più musicali.

7. Il timbro dei suoni è quindi costituito dalla presenza, in maggiore o minore numero e grado, dei suoni armonici che accompagnano il suono fondamentale. Un suono musicale è sempre un suono composto, le sue vibrazioni sono più o meno complicate, ed esso solo costituisce già per sè una vera armonia, specialmente se gli manca il settimo armonico, il quale non fa parte del nostro sistema musicale. Ne segue che, se combiniamo insieme 2, 3 o più suoni musicali per farne un' accordo, non basta che i suoni fondamentali stiano in rapporti semplici fra di loro, ma bisogna che anche i suoni armonici si adattino a questa legge. Anche i suoni di combinazione, che si possono formare fra tutti questi suoni, devono rientrare nel medesimo sistema d'armonia. Noi arriviamo così a formulare una legge non solamente più vasta e più generale per l' armonia, ma come vedremo or ora, anche più semplice.

Difatti supponiamo che sia dato il suono fondamentale 1; i suoni armonici saranno rappresentati da 2, 3, 4, 5, ecc., per cui il complesso dei suoni è espresso da

1, 2, 3, 4, 5, ecc.

Supponiamo che sia data anche l'ottava, la quale è rappresentata da 2, e coi suoni armonici dai numeri raddoppiati

2, 4, 6, 8, . ecc.

Si vede, che in fondo l'ottava non possiede nessun suono

Digitized by Google

nuovo. Essa non fa altro che ripetere alcuni dei suoni armonici del suono fondamentale; per cui combinando insieme suono fondamentale ed ottava, non si ottiene altro effetto, che di rinforzare alcuni suoni armonici già esistenti nel suono fondamentale. Ne segue, che suono fondamentale ed ottava non possono veramente considerarsi come due suoni separati; l'accordo di essi costituisce un suono solo col timbro alquanto modificato. E questo è quanto accade realmente per gli istrumenti ricchi in suoni armonici, come per esempio, nel violino.

Aggiungiamo ora a questo accordo anche la quinta, la quale è rappresentata da $\frac{3}{2}$. I suoni armonici saranno, compresa la quinta stessa,

$$\frac{3}{2},\ 3,\ \frac{9}{2},\ 6 \text{ ecc.}$$

Di questi suoni alcuni come il 3, 6 ecc. sono compresi nel suono fondamentale, ma il $\frac{3}{2}$, $\frac{9}{2}$ ecc. sono suoni nuovi. L'accordo colla quinta è meno perfetto di quello coll'ottava. Ma noi possiamo renderlo più perfetto aggiungendovi, come rinforzo, l'ottava bassa del suono fondamentale, lá quale è espressa da $\frac{1}{2}$, e assieme ai suoi armonici da

$$\frac{1}{2},\ 1,\ \frac{3}{2},\ 2,\ \frac{5}{2},\ 3 \text{ ecc.}$$

Riferendo la quinta a questo suono basso, noi vediamo che tutti i suoni sono già compresi in questi; difatti il $\frac{3}{2}$, il $\frac{9}{2}$ ecc. sono il terzo ed il nono armonico del suono fondamentale $\frac{1}{2}$. L'armonia diventa più completa in que-

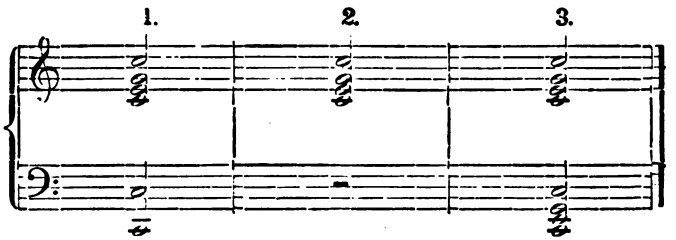
Digitized by Google

sto modo. Questa è la ragione, per cui l'accordo del suono fondamentale colla quinta e ottava suona alquanto vuoto e povero, e migliora notevolmente, quando gli si aggiunge l'ottava bassa del suono fondamentale.

Ad una conclusione consimile si arriva, aggiungendo all'accordo qui citato ancora la terza maggiore, la quale coi suoi armonici è espressa da $\frac{5}{4}$, $\frac{5}{2}$, $\frac{15}{4}$ ecc.

Questi suoni non esistono nel suono fondamentale, ma se vi aggiungiamo ancora la seconda ottava bassa espressa da $\frac{1}{4}$, essi diventano tutti, se anche lontani, armonici di questo suono.

La conclusione è, che all'accordo perfetto di suono fondamentale, terza maggiore, quinta e ottava bisogna aggiungere ancora le due ottave basse, per renderlo veramente aggradevole. Tale conclusione è conforme a ciò, che l'esperienza aveva insegnato da moltissimo tempo. Difatti nella musica pratica questo accordo si scrive sempre, come è indicato qui sotto al numero 1, e non mai come è indicato al numerò 2, o al numero 3.



Potrebbe parere strano, che nell'accordo perfetto il suono fondamentale colle sue ottave debba comparire quattro volte, mentre la terza e la quinta vi sono una volta sola,

Digitized by Google

e si potrebbe vedere in ciò un disquilibrio fra i diversi suoni.

Certamente, colle leggi svolte nelle precedenti conferenze, quando si parli soltanto di rapporti semplici, tale preponderanza del suono fondamentale sarebbe inesplicabile. La ragione diviene evidente colle considerazioni fatte ora; essa sta in ciò, che nell'accordo perfetto tutti i suoni esistenti devono considerarsi come semplice rinforzo del suono fondamentale. L'accordo perfetto in fondo viene a essere un suono solo, molto musicale e con timbro assai ricco e notevolmente variato.

Si arriva così alla conclusione, che gli accordi sono tanto più aggradevoli all'orecchio, quanto meno essi aggiungono suoni nuovi al suono fondamentale; l'accordo più aggradevole di tutti, l'accordo perfetto, non ve ne aggiunge nessuno. Questa conclusione diventa tanto più evidente, quanto più i suoni, di cui disponiamo, sono ricchi di suoni armonici. Essa si spiega facilmente anche colla conformazione del nostro orecchio, il quale trova tanto più aggradevole un'accordo, quanto minore è lo sforzo fatto per comprenderlo.

8. Il timbro dei suoni non è però costituito soltanto dai suoni armonici, che in diversa misura accompagnano il suono fondamentale, ma anche da rumori più o meno distinti, che provengono dal modo speciale, con cui il suono è stato prodotto. Una corda, sfregata coll'archetto, lascia sempre udire il rumore di qualche cosa che gratta; nella bocca d'una canna d'organo si sente il soffio dell'aria; nel pianoforte s'ode distintamente il martelletto, che batte sulla corda, e così di seguito. Generalmente parlando, noi ci abituiamo fin dalla prima infanzia a udire questi ru-

Digitized by Google

mori, perchè sono essi sovratutto, che c' insegnano a distinguere un' istrumento da un' altro, mentre i suoni armonici restano inavvertiti, quantunque essi siano molto più forti dei rumori anzidetti.

Difatti se i suoni armonici, che accompagnano il suono del violino, sono sempre i medesimi, come accade realmente salvo piccolissime differenze, non vi è per noi nella vita pratica alcuna ragione, di spingerci più in là coll'analisi e di esaminare, se e in qual misura essi vi siano. Egli è per questo, che i suoni armonici rimasero inosservati per tanto tempo, e che ancora oggidì molti musici pratici non li conoscono, oppure li considerano come fenomeni subiettivi.

Il nostr' orecchio non va coll'analisi più in là di quanto deve; esso ubbidisce anche in ciò a quella, che pare essere una legge fondamentale della natura, cioè, di ottenere i suoi intenti col minore sforzo o col minore lavoro possibile. Si può facilmente dimostrare, che l' orecchio non analizza suoni, alla concomitanza dei quali esso è da lungo tempo abituato. Prendo qui una serie di coristi, i quali mi dànno i suoni armonici. Li metto in azione e dopo poco tempo i loro suoni s' impastano talmente fra di loro, che pajono unico suono. Prendo ora un' altro corista, il quale mi dà per se un buon accordo col suono fondamentale, per esempio il $\frac{5}{2}$, ma che non è un suono armonico del suono fondamentale 1. Appena lo metto in azione, la presenza di questo suono nuovo turba l' equilibrio dei suoni armonici; l'orecchio è ora indotto ad analizzare ciò che sente, e si odono distintamente tutti questi suoni. Per la stessa ragione riesce molto difficile il sentire i suoni ar-

Digitized by Google

monici della voce umana, quantunque essi siano numerosi e fortemente pronunziati. Bisogna per ciò ricorrere a mezzi più minuti d'analisi, e in questo riguardo i risuonatori di Helmholtz sono della più grande utilità. Ma voglio nell'istesso tempo mostrarvi un'istrumento, fondato sull'uso dei risuonatori e costruito dal meccanico *König* in modo, da rendere visibili i fatti anche ad un'uditorio numeroso.

9. L'apparecchio [fig. 36] è formato da otto risuonatori adat-

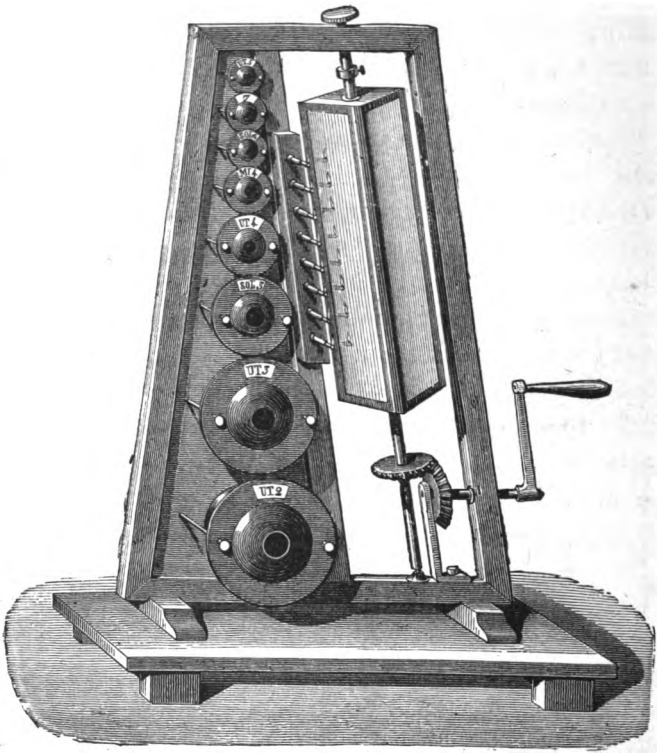


Fig. 36.

Digitized by Google

tati per la serie armonica del suono fondamentale *do*. Nella parte di dietro, in ciascuno di essi, un tubo di gomma elastica mette in comunicazione l'orifizio con una capsula, chiusa da una membrana elastica. Avanti a questa entra il gas ed arde a guisa di fiammella molto mobile. Agli otto risuonatori corrispondono quindi otto fiammelle. Quando l'aria vibra in uno di essi, le vibrazioni si comunicano alla fiammella, e le vibrazioni di questa si osservano, come nella prima conferenza, col mezzo di uno specchio girante, che si muove mediante una manivella. Per sapere quindi se il suono di un dato istrumento o della voce umana contiene suoni armonici, e quali possano essere questi, basta produrre in vicinanza dell'apparecchio un suono, corrispondente per altezza al risuonatore più grande, vale a dire un *do*, il quale rappresenta il suono fondamentale. Allora, se vi sono suoni armonici, essi metteranno in azione i risuonatori e quindi le fiammelle corrispondenti, ed uno sguardo nello specchio girante basta, per farli immediatamente riconoscere.

Con questo ingegnoso istrumento si può dimostrare, che tutti gli istrumenti musicali hanno suoni armonici, e si vede immediatamente, quali siano questi suoni armonici. Lo stesso dicasi della voce umana, la quale è molto ricca di simili suoni. Basta difatti far cantare un *do* in vicinanza dell'istrumento, per vedere entrare molte fiammelle in vibrazione. Ma seguendo in ciò l'esempio di Helmholtz, voglio dimostrarvi che le diverse vocali, pronunziate mentre si canta una nota, dànno suoni armonici diversi. Per dimostrarlo, faccio cantare la nota fondamentale e in pari tempo pronunziare successivamente le diverse vocali. Si osservano così facilmente i suoni armonici,

Digitized by Google

che accompagnano in diversa misura il suono fondamentale nel caso delle diverse vocali.

Si ottengono nel nostro caso i seguenti risultati:

La vocale *u* è costituita del suono fondamentale molto forte e del terzo armonico abbastanza pronunziato.

L'*o* contiene il suono fondamentale, il secondo armonico fortissimo, il terzo e il quarto leggiero.

La vocale *a* contiene, oltre al suono fondamentale, il secondo armonico debole, il terzo forte, il quarto debole.

L'*e* ha il suono fondamentale debole, il secondo armonico piuttosto forte, il terzo debolissimo; all' incontro il quarto è fortissimo, il quinto debole.

L'*i* ha gli armonici elevati, specialmente il quinto molto pronunziato.

Queste differenze, che si osservano facilmente, provengono dalla forma che assumono la bocca, la lingua e le labbra nel pronunciare le diverse vocali. Esse non sono sempre esattamente le stesse, perchè dipendono dal timbro della voce di chi le pronuncia, dal carattere speciale della lingua, in cui si pronunciano ed inoltre dall' altezza del suono prescelto come fondamentale. Quest'ultima cosa si comprende, quando si consideri, che la bocca funziona essa stessa da risuonatore di forma e di grandezza variabile. I risultati sono quindi complessi, e mi limito soltanto ad accennarli.

Ma se è vero, che il timbro delle vocali è costituito nel modo, che ho qui sommariamente indicato, bisogna potere riprodurre per sintesi le varie vocali, combinando suono fondamentale e gli armonici nella misura voluta. Questo lavoro è stato realmente eseguito da *Helmholtz*, il quale si servì a tale scopo di canne d'organo chiuse, che dànno,

Digitized by Google

ciascuna per se, suoni sensibilmente semplici. Egli le distribuì secondo la serie armonica, e combinandole insieme nel modo sopra indicato, giunse a far *parlare* alla canna fondamentale le diverse vocali in modo nettamente pronunziato. La dimostrazione è quindi completa e costituisce certamente uno dei grandi trionfi della scienza.

Digitized by Google

X.ª CONFERENZA.

1. Differenza tra scienza ed arte. — 2. Musica italiana e tedesca. — 3. 4. Distacco delle due scuole. — 5. Influenza di Parigi. — 6. Conclusione.

1. Le leggi del timbro sono fondamentali per la teoria dell' istrumentazione, ed abbracciano anche l'intera armonia. Grazie ad esse, tutto ciò che abbiamo finora esposto, si riduce ad unico principio, cioè: *che le note musicali devono sodisfare alle leggi dell' armonia, e che questa è tanto più perfetta, quanto più i varii suoni di un'accordo rinforzano il suono fondamentale.* Così il concetto della tonica e dell'accordo fondamentale perde il suo carattere di sola utilità pratica; esso ne diviene una conseguenza necessaria.

La scienza è arrivata ad abbracciare sotto unico punto di vista quella grande ed ammirabile congerie di fatti, che s' addimanda la storia e lo sviluppo della musica. Essa è in grado di dedurre rigorosamente le regole dell'arte musicale e potrebbe facilmente crearle una seconda volta, se per caso andassero smarrite.

Ma non vorrei, che queste mie parole generassero in voi l'idea, che la scienza voglia o possa sostituirsi all'arte. Nell'arte vi è una cosa, che sfugge ad ogni calcolo, che la scienza può bensì fino ad un certo punto spiegare,

Digitized by Google

quando ha preso forma palpabile, ma che non può nè predire, nè modificare: questa è l'ispirazione poetica. Come la più profonda conoscenza della grammatica, della sintassi e della metrica non basta, per fare anche una mediocre poesia: così lo studio più accurato delle leggi dell'armonia e dell'istrumentazione non sarà mai sufficiente, a creare un compositore. Composizione e critica sono due operazioni dello spirito umano diametralmente opposte; esse devono darsi la mano, procedere possibilmente di comune accordo e completarsi a vicenda; ma il critico non sarà mai un grande compositore, nè il compositore un vero critico.

Se ho cercato dunque di passare con voi in rapida rivista i fatti più importanti della storia musicale, ho avuto soltanto in mira di dimostrarvi, come le creazioni le più fantastiche dell'uomo siano legate a certe leggi semplici, che la scienza ci ha rivelate. Tali leggi certamente non erano conosciute da quei grandi uomini di genio, che ci hanno lasciato nelle loro opere un imperituro ricordo. Questi erano unicamente guidati dal sentimento, dalla fantasia e dall'ispirazione nella via da essi percorsa. La scienza è venuta dopo, e non ha fatto altro che rischiararla. E così rimarrà sempre anche nell'avvenire. Non ci verrà quindi mai in mente il voler pronosticare, cosa sarà la musica in cinquanta o in cento anni e se, esteticamente parlando, essa si troverà sulla branca ascendente o discendente della parabola; tanto più che i principii estetici, ai quali l'arte si è successivamente uniformata, non hanno valore assoluto. Ma possiamo dire con certezza, che non potrà mai essere accettata alcuna cosa, la quale si mostrasse contraria ai larghi principj, che la scienza ha ora stabiliti.

Digitized by Google

E con ciò il compito mio sarebbe finito. Ma non voglio lasciare questo interessante argomento, e non voglio chiudere queste mie conferenze, senza toccare ancora alcune questioni, che si sono molto agitate negli ultimi tempi e che appartengono al patrimonio artistico dell'Europa moderna.

2. Si parla molto della grande, sostanziale differenza, che passa fra la musica italiana e la musica tedesca. Si chiama la prima semplice, intelligibile, melodiosa; la seconda complicata, studiata, oscura, trascendentale. E si vuol trovare in ciò uno dei tratti caratteristici fra le due nazioni. È vero, che nel secolo scorso e nell'attuale la musica italiana ha coltivato di preferenza la melodia ed il canto; è vero altresì, che nella musica tedesca lo studio dell'armonia, delle masse corali ed istrumentali è stato portato ad un grado di perfezione ammirabile. Ma non è vero, che questo sia stato sempre così, e sarebbe un grande errore il volervi trovare là dentro un carattere proprio delle due nazioni.

Nel medio evo è stato precisamente il contrario: i primi secoli della musica polifonica sono contrassegnati in Italia da una complicazione immensa. Voci artificiosissimamente collegate, canti diversi fusi insieme con regole complicatissime e poco chiare: questo è il carattere della musica polifonica italiana fino ai tempi di Palestrina. La riforma protestante ha creato in Germania le armonie semplici e i semplici canti, musica chiara, facile e trasparente. Non vi è paragone possibile, quanto a semplicità, tra i primi canti protestanti e la musica dello stesso Palestrina, il quale fu pure il grande riformatore e semplificatore della musica polifonica italiana.

Digitized by Google

Dopo quell'epoca, quanto allo stile, le due nazioni hanno camminato quasi sulla stessa via. L'Italia prese decisamente il sopravvento, grazie all'enorme attività musicale che vi regnava, ed al numero considerevole di veri uomini creatori. Da quel momento il progresso fu rapido e continuo. Il *Viadana* scrisse le prime melodie e vi aggiunse, come accompagnamento, il basso continuo; il *Carissimi* e lo *Scarlatti* possono considerarsi come gli inventori del recitativo espressivo. A quest'ultimo, vero genio musicale, devesi l'invenzione dell'aria, la quale colla sua prima e seconda parte ed il daccapo rappresenta forse nella musica ciò, che la colonna rappresenta nell'architettura. Nei suoi tentativi di opera egli introdusse il recitativo obbligato ed iniziò per queste il passaggio dal primo al secondo stile italiano, passaggio che i grandi suoi discepoli ed emuli *Durante, Leo, Greco* operarono interamente. Grazie ai loro sforzi, la musica abbandonò il suo carattere di grande severità e le sue regole rigide di armonia e di contrappunto. Nelle loro mani ed in quelle dell'ardito notavore *Claudio Monteverde*, essa prese invece un notevole sviluppo istrumentale, con canti più largamente e più liberamente spiegati, seguiti da accompagnamenti più semplici e da portamenti più liberi. All'andamento austero furono sostituiti sentimenti chiari, semplici, ingenui. Bellezza plastica, misura giusta, mantenuta con grazia e con fine discernimento in mezzo a canti bellissimi: ecco il carattere, che la musica assunse nel 17.° secolo, carattere che si riscontra specialmente nella musica di chiesa; meno nell'opera ove la forma rimase, non ostante tutti gli sforzi, ancora molto primitiva.

Questo movimento si continua anche nel 18.° secolo. Ac-

Digitized by Google

canto alla musica di chiesa si sviluppa sempre più l'opera, ed alla storia di tale movimento restano uniti i nomi di *Pergolese, Piccini, Sacchini, Jomelli, Cimarosa, Paesiello.* Questa attività creatrice si comunica anche alla Germania, ove essa prende nuove forme ed uno sviluppo sorprendente. Uomini come *Händel, Haydn, Bach, Gluck, Mozart* diedero alla musica una larghezza di idee meravigliosa. Ma, meno il *Gluck*, essi devono considerarsi come fecondi e geniali continuatori del movimento italiano, movimento che si fece con intendimenti poco diversi dai nostri. Per persuadersi, quanto poco fossero allora distanti le due scuole, basta confrontare il *Matrimonio segreto* di *Cimarosa* colle *Nozze di Figaro* di *Mozart.* Si direbbero due lavori usciti dalla medesima scuola e composti da due fratelli in arte, dei quali il primo era più facile, più brioso e più elegante, il secondo più largo, più ricco e più profondo.

Il distacco fra la musica tedesca e l'italiana avvenne sovratutto per opera di *Gluck* e di *Beethoven* da un lato, per opera di *Rossini* dall'altro. Mentre fino alla metà del secolo passato le due scuole erano poco diverse fra di loro, mentre dunque la musica italiana rassomigliava molto alla tedesca, la parte esecutiva prese in Italia una via diversa. Il secolo passato è il secolo del grande canto italiano. L'Italia sorprese il mondo col numero di cantanti esimii che offrì, e col metodo serio e sodo, con cui le sue scuole di canto erano organizzate.

Questi cantanti percorsero l'Europa di trionfo in trionfo, festeggiati dappertutto e idolatrati in misura quasi incredibile. Ma appunto la grande importanza, alla quale salì la scuola italiana di canto, doveva essere la causa della

Digitized by Google

sua decadenza intrinseca. I cantanti incominciarono a considerarsi come la cosa la più importante e come il pernio, su di cui posava la grandezza della musica italiana. Per essi la composizione divenne il pretesto, il brillare il più possibile lo scopo principale. Ne avvenne che, la musica essendo troppo semplice per offrir loro il mezzo di brillare, essi sostituivano a melodie semplici melodie più complicate, intercalandovi gruppetti e trilli, cadenze e fioretti d'ogni genere, con manifesto sfregio fatto al compositore e al buon gusto musicale. I grandi maestri d'allora subirono questo stato di cose, perchè impotenti a rimediarvi. Venne *Rossini*, il quale pensò, che era meglio scrivere da se melodie complicate con scale, cadenze e difficoltà d'ogni genere, perchè così almeno il buon gusto poteva essere in parte salvato. Egli fece come certi politici, i quali si mettono alla testa del movimento, colla speranza di poterlo meglio dominare.

La ricchezza e la varietà delle sue forme sono veramente ammirabili; ma è evidente, che il vero concetto musicale doveva soffrire sotto quei continui trilli e gorgheggi. Un solo genere, per cui questa forma leggiera e svariatissima pare adattarsi, è l'opera buffa, ed in questo riguardo Rossini ci ha lasciato nel *Barbiere di Siviglia* un modello imperituro di grazia e di freschezza. Per l'opera seria Rossini abbandonò quasi completamente, negli ultimi suoi lavori, questo genere di scrivere. L'ultima sua opera, il *Guglielmo Tell*, è interamente priva di fioriture ed arriva in certe parti, come per esempio nel terzetto e nella congiura del secondo atto, ad un'altezza impareggiabile.

Ma questo modo più castigato e corretto di Rossini si è

Digitized by Google

fatto fuori d'Italia, con tendenze ed idee diverse da quelle che qui regnavano. Per l'Italia il distacco era fatto, e non poteva più essere facilmente distrutto. La musica prese sotto i suoi successori più importanti, come il *Bellini* ed il *Donizetti*, il carattere di un canto semplice, talvolta profondo e sentito, spesse volte leggiero, superficiale e dolciastro. L'impressione, che ha prodotto e che produce ancora l'autore della *Norma* coi suoi canti bellissimi e profondamente sentiti, l'interesse che c'ispira *Donizetti* per l'eleganza dello stile nei migliori suoi lavori, non devono però farci dimenticare, che il soverchio canto non si adattava più alle condizioni del teatro moderno. Salvo molte e belle eccezioni, il sentimentalismo prese il posto del vero sentimento; l'espressione drammatica fu in gran parte trascurata, e talvolta neppure cercata. Venne il *Verdi*, il quale comprese, che quel continuo canto avrebbe finito per corrompere gli animi. Al bel canto egli sostituì il movimento, il quale non era ancora sentimento drammatico, ma conteneva in sè forza e vigore, se anche talvolta in forma rozza. Questo modo di scrivere si trovò vagamente d'accordo colle aspirazioni nazionali. L'Italia rinasceva allora a nuova vita: essa aveva bisogno di movimento e di emozioni forti. Il patriottismo s'impossessò quindi della musica verdiana, la rese estremamente popolare e ne usò ed abusò largamente. Ma il buon gusto musicale e le scuole di canto ne soffrirono moltissimo. Negli ultimi tempi Verdi ha notevolmente modificato la sua maniera di scrivere, ed egli accenna apertamente ad avvicinarsi di più alla scuola germanica, od almeno a diminuire la grande distanza, che ora separa la nostra musica da quella. Dal *Nabucco* e dall'*Ernani* al *Rigoletto* ed al *Ballo in maschera*, e da questi

Digitized by Google

all'*Aida* il progresso è stato continuo su questa via. Gli esempj, d'altronde conosciutissimi, sono dibattuti dappertutto con interesse e con passione.

4. Prima che il distacco avvenisse per parte dell'Italia, esso fu operato dal lato della Germania. *Gluck* introdusse e sviluppò mirabilmente il concetto della musica drammatica, la quale si pone per iscopo di adattare meglio la musica alle parole, e di creare musicalmente un lavoro d'arte, capace di produrre negli uditori le stesse sensazioni, che produce il testo che l'accompagna. In questo riguardo la musica è una miniera inesauribile di effetti veramente artistici. Essa supera in molti punti la poesia, tanto nell'espressione del terribile, quanto in quella dei sentimenti veramente gentili. Per persuadersene, basta rammentare di cose moderne la scena d'amore tra Faust e Margherita, descritta musicalmente da *Gounod*, per concludere che la grande poesia di *Göthe* in quel punto non solo non vi ha sofferto, ma che l'effetto si è piuttosto modificato e idealizzato, anzicchè diminuito. Basta ricordare ancora il duetto tra Raoul e Valentina negli *Ugonotti*, in cui tutte le sensazioni, dal patriottismo all'amore, dall'amore al terrore, sono descritte con vivacità e con sentimento impareggiabile, che non ostante alcune esagerazioni colpiscono profondamente; infine la terribile scena del *Freischütz* di *Weber*, ove il terrore è portato al più alto grado dell'espressione musicale. La musica, che in molti riguardi rimane inferiore alla poesia, le si dimostra invece superiore in altri, ove l'effetto drammatico ed il sentimento sono profondamente accentuati.

Un distacco ancora maggiore venne per il fatto di *Beethoven*, il grande e vero creatore della musica istrumen-

Digitized by Google

tale moderna. Da quell'epoca in poi la scuola tedesca si separò sempre più e più dalla comune via, battuta insieme colla scuola italiana. *Mendelssohn, Schumann*, ed infine *Wagner* non sono altro che una graduazione continua su tale via. La musica acquistò sempre più carattere istrumentale, e il canto libero venne trascurato. Per esprimerci con una frase divenuta celebre, che è forse esagerata, ma che dipinge acremente lo stato attuale delle cose, diremo che nella musica italiana l'orchestra era diventata una grande chitarra, destinata ad accompagnare il canto; ma diremo pure, che nella musica tedesca i cantanti erano divenuti istrumenti d'orchestra ambulanti. Bisogna però convenire, che mentre nel nostro secolo la musica italiana accennava ad un sensibile decadimento, in Germania essa si mantenne elevata. Lo studio dell'armonia e dei grandi movimenti d'orchestra, il sentimento profondo e l'espressione drammatica, non ostante alcune esagerazioni troppo realistiche e ricercatezze di poco valore, furono portati ad un alto grado di perfezione, per l'impulso geniale di *Riccardo Wagner*. A lui devesi,se ai libretti quasi sempre scipiti e che servivano di magra scusa ai componimenti musicali, venne sostituita una poesia più maschia e più indipendente. L'unione più stretta della poesia e della musica, in cui tutte e due le arti camminano di pari passo, senza che l'una soffochi l'altra, costituisce forse il carattere più saliente e più bello della sua musica, la quale si mantiene quasi sempre elevata, ricchissima e vi trasporta in una sfera ideale.

Dico questo, non ostante tutto il clamore, che al di qua ed al di là delle Alpi si è elevato contro la *musica dell'avvenire*. Le si rimprovera, di essere troppo studiata e

Digitized by Google

ricercata, e di rivolgersi non al sentimento, ma al calcolo ed alla combinazione. Ma basta sentirla con attenzione e senza partito preso, per persuadersi delle grandi e molte bellezze, che essa rinchiude. La sinfonia del *Lohengrin*, il canto di questo al cigno, molte cose del *Tannhäuser*, ed altre ancora provano bene il contrario. Questa musica ha avuto il grande ed in uno triste privilegio, di suscitare delle passioni quasi incredibili in suo favore e contro. Ma quando queste passioni si saranno calmate, credo che non si potrà negarle il carattere di un grande poema musicale, i di cui limiti si estendono molto al di là della cerchia nazionale, per cui fu scritta.

5. Finalmente dobbiamo tener conto di un terzo fattore importante nella storia della musica. È l'influenza esercitata da Parigi sull'andamento delle idee musicali. Se si eccettui l'opera comica, da non confondersi colla nostra opera buffa, opera comica, nella quale eccelsero *Grétry, Boieldieu, Hérold, Auber* ed altri, si può dire che i Francesi non sono stati veri creatori in musica. Ciò nonostante l'influenza di Parigi è stata grande ed incontestabile nella storia dell'arte. Posta, per così dire, ad ugual distanza dalle due nazioni musicali, grazie alla splendidezza della vita parigina ed anche alla sua smania di divertimenti, Parigi divenne uno dei centri importanti, ove si dibatterono molti e gravi problemi musicali. È là, che sorse la lotta tra i seguaci della musica severa di *Gluck* e la musica melodiosa di *Piccini*. È là, che l'italiano *Cherubini* trovò colle sue tendenze di musica germanica un posto onoratissimo. È là, che *Meyerbeer* abbandonò il primo suo stile e creò il *Roberto il Diavolo*, gli *Ugonotti* ed il *Profeta*, che per la grandiosità del concetto renderanno im-

Digitized by Google

peritura la sua fama. È là infine, che i migliori nostri maestri sono andati in cerca di un giudizio competente ed hanno modificato il loro stile. Il *Guglielmo Tell* di *Rossini*, la *Favorita* e il *Don Sebastiano* di *Donizetti*, infine parecchi lavori del *Verdi* sono sorti in questo modo. L'influenza di Parigi può definirsi così: d'insistere, affinchè fosse creato un tipo di musica, il quale contenesse in sè i pregi delle due scuole italiana e tedesca, senza le loro esagerazioni. Questa scuola è dunque eminentemente eclettica, ed ha trovato la soluzione dei suoi problemi nell'appoggiarsi fortemente alla musica drammatica. Essa mantenne così la melodia ed il canto italiano, ma limitato a quei casi in cui è compatibile coll' espressione drammatica. Essa ha adottato i grandi movimenti corali e d' orchestra della Germania, dando ad essi un' importanza conveniente. Essa infine ha cercato l'intimo rapporto fra le parole e la musica col desiderio, più espresso che mantenuto, di non subordinare nè il primo al secondo, nè il secondo al primo.

Il carattere di questa scuola si ritrova pure nei compositori francesi, che hanno scritto opere drammatiche. *Halévy, Gounod, Auber* stesso nella sua *Muta di Portici*, hanno camminato su questa via. Checchè si pensi in genere delle cose eclettiche, l'ecletticismo della scuola di Parigi ha avuto una vera importanza: esso deve considerarsi come un tentativo molto serio e in parte riuscito, di riunire due scuole, le di cui tendenze erano molto diverse, sotto un punto di vista comune. E da questo tentativo scaturirono nobili concetti e grandiose opere d'arte, le quali eserciteranno anche sull' avvenire una vera e grande influenza.

6. Quanto all'avvenire medesimo, non spetta alla critica

Digitized by Google

musicale, nè a quella scientifica, il volerne prevedere l'andamento. Ci guarderemo quindi dall' emettere un parere in questo riguardo. Ciò che a noi importava di dimostrare, era: che la musica si è sviluppata con delle regole, le quali dipendevano da leggi della natura sconosciute ed ora note; ch' essa non potrà mai allontanarsi da tali leggi, e che entro queste vi è un campo assai vasto ed aperto a tutti i conati della fantasia umana. C' importava inoltre di dimostrare che molti giudizi, che corrono in Italia e fuori, sul valore di tale o tale altra scuola, di tale o tale altro maestro, sono per lo più ristretti, perchè purtroppo la vera coltura musicale è trascurata in Italia.

Noi consideriamo come indispensabile alla nostra coltura letteraria il conoscere non solamente gli autori moderni, ma anche gli autori antichi e di tutte le nazioni. Ma in riguardo musicale noi, pressocchè tutti, non conosciamo che gli autori di questo secolo e fino a pochi anni fa, non conoscevamo che soltanto gli italiani. È una povertà d'idee e di cognizioni, che non può e non deve durare; perchè essa produrrebbe infallibilmente la decadenza musicale della nazione.

Questo fatto ci pare tanto grave, che dobbiamo insistere con tutte le nostre forze sulla necessità di porvi un pronto riparo. Non sappiamo comprendere, come i municipi, molti dei quali spendono considerevoli somme per i teatri, non debbano spendere queste somme per favorire ed aumentare la coltura musicale del paese, anzicchè per divertire le masse con spettacoli spesse volte insulsi e senza alcun significato. Noi crediamo quindi nostro dovere, di richiamare su questa grave lacuna dell' educazione popolare l'attenzione pubblica, avvertendo che il teatro, e special-

Digitized by Google

mente il teatro sussidiato, deve essere un luogo d' educazione, e non di semplice divertimento. Non è il nostro compito d' indicare, come tale nobile scopo possa essere raggiunto, e sovratutto non sarebbe questo il luogo di studiare una simile questione. Ma non abbiamo neppure bisogno di dire, che tale problema non è nè difficile, nè complicato, e che, posta una volta la questione, si troveranno certamente gli uomini capaci di risolverla in modo soddisfacente.

FINE.

Digitized by Google